

Empirisk-matematisk modellering i fysikk

Utvikling og utprøving av undervisningsopplegg for 3FY

Kaja Nordby



Masteroppgave i fysikkdidaktikk

Fysisk institutt

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

30.04.08

Forord

Jeg vil med dette si tusen takk for god hjelp og konstruktiv veiledning til mine veiledere Ellen Karoline Henriksen og Carl Angell ved skolelaboratoriet i fysikk.

Jeg vil også si takk til Øystein Guttersrud, Kristina Raen og de andre jeg har delt kontor med for all deres hjelp og for at jeg har hatt det så artig mens jeg har jobbet med masteroppgaven.

Selvfølgelig må jeg takke alle fysikkelevne og lærerne som har deltatt i undersøkelsen.

Takk for all hjelpen med korrekturlesing må sendes til Truls Nordby.

Og ikke minst må jeg takke Tarjei og resten av min kjære familie for all støtte, kritiske innspill og tro på at dette kom til å gå bra.

Blindern, april 2008

Kaja Nordby

Innholdsfortegnelse

FORORD	3
INNHOLDSFORTEGNELSE	5
SAMMENDRAG	9
SUMMARY	11
1 INNLEDNING	13
1.1 RAMMER FOR OPPGAVEN	13
1.2 MÅLSETNING	13
1.2.1 Presisering av målsetningen	13
1.2.2 Begrunnelse for valg av målsetning	14
1.2.3 Avgrensning av målsetningen.....	14
2 BAKGRUNN OG TEORI	15
2.1 FYSIKK I NORSK SKOLE	15
2.2 LÆREPLANENE.....	16
2.2.1 Matematisk modellering i læreplanene	16
2.3 FORSØKENES Plass I SKOLEFYSIKKEN.....	17
2.3.1 Skoleforsøk i et historisk perspektiv	17
2.3.2 Hensikten med eksperimenter.....	18
2.3.3 Nature of science.....	20
2.3.4 Skolens utstyrssituasjon.....	21
2.3.5 Hva synes elevene om å gjøre eksperimenter.....	21
2.3.6 Eksperimenter som kilde til ny kunnskap	22
2.3.7 Bruken av faglige uttrykk	23
2.3.8 Samtalen mellom elevene	24
2.4 REPRESENTASJONSFORMER	25
2.5 MODELLER	26
2.5.1 Matematisk modellering.....	28
2.5.2 Empirisk-matematisk modellering.....	29
2.6 FYSIKKUTDANNING FOR DET 21. ÅRHUNDRET (FYS 21).....	30
2.6.1 FYS 21-prosjektet	31
2.6.2 Teorien bak FYS 21	31
3 UTVIKLINGEN AV FORSØKENE	33
3.1 KRITERIER FOR FORSØKENE.....	33
3.2 VALG AV TEMA TIL FORSØKENE.....	34
3.2.1 Tema til forsøket "Horisontale kast fra en bøtte"	34
3.2.2 Tema for forsøket "Kraften på en strømførende leder i et magnetfelt"	34
3.3 UTVIKLING AV FORSØKENE	35
3.3.1 Utvikling av forsøket "Horisontale kast fra en bøtte"	35
3.3.2 Utvikling av forsøket "Kraften på en strømførende leder i et magnetfelt"	37
3.3.3 Forsøkens hensikt.....	39
3.3.4 Læreplanmål knyttet til forsøkene	39
3.3.5 De forventede resultatene.....	40
3.3.6 Elev- og lærerveiledningene.....	41
4 METODE	42
4.1 OM FORSØKENE	42
4.1.1 Utvalgelse av deltakerklasser.....	42
4.1.2 Tidspunkt for forsøkene.....	43
4.2 OBSERVASJON	43
4.2.1 Observasjonsform	43
4.3 INTERVJUENE.....	43
4.3.1 Intervjuguiden	43
4.3.2 Intervjuets struktur	44
4.3.3 Begrunnelsen for spørsmålene	44
4.3.4 Fokusgruppe eller gruppeintervju?.....	45

4.3.5	Grupesammensetningen	46
4.3.6	Gjennomføringen av intervjuene	47
4.3.7	Transkripsjon av intervjuene.....	47
4.3.8	ATLAS.ti	48
4.4	ELEVRAPPORTENE	48
4.5	KVALITATIV ANALYSE.....	48
4.5.1	Analysemetoden.....	48
4.5.2	Triangulering	49
4.6	UNDERSØKELSENS VALIDITET OG RELIABILITET.....	49
4.6.1	Observasjonens validitet og reliabilitet.....	50
4.6.2	Intervjuenes validitet og reliabilitet	51
4.6.3	Analysens validitet og reliabilitet.....	51
5	RESULTATER.....	53
5.1	HVA SYNES ELEVEN OM FYSIKKFAGET?	53
5.2	FORSØK GENERELT	54
5.2.1	Hva synes elevene om å gjøre forsøk?	54
5.2.2	Hva er hensikten med forsøkene?.....	55
5.2.3	Bruken av fagord og faglige uttrykk.....	56
5.2.4	Den praktiske delene av forsøkene	57
5.2.5	Potensialet til å jobbe i lag	57
5.3	FORSØKET "HØRISONTALE KAST FRA EN BØTTE"	58
5.3.1	Hvordan gikk gjennomføringen av forsøket?	58
5.3.2	Hva syntes elevene om forsøket?.....	60
5.3.3	Hva lærte elevene av forsøket?	61
5.3.4	Hva tror elevene er hensikten med forsøket?	62
5.4	FORSØKET "KRAFTEN PÅ EN STRØMFØRENDE LEDER I ET MAGNETFELT"	62
5.4.1	Hvordan gikk gjennomføringa av forsøket?	62
5.4.2	Hva syntes elevene om forsøket?.....	64
5.4.3	Hva lærte elevene av forsøket?	65
5.5	EMPIRISK-MATEMATISK MODELLERING	65
5.5.1	Hva synes elevene om forsøk med empirisk-matematisk modellering?	66
5.5.2	Er empirisk-matematisk modellering vanskelig?	67
5.5.3	Empirisk-matematisk modellering kontra andre typer forsøk.....	68
5.5.4	Matematikken i modelleringsøvelsene.....	69
5.5.5	Hvordan resonnerer elevene når de jobber med oppgaver med empirisk-matematisk modellering? 69	
5.5.6	Hva lærer elevene av modellering?.....	72
5.5.7	Modellens svakheter.....	73
5.6	NATURE OF SCIENCE	74
5.6.1	Fremgangsmåten.....	74
5.6.2	Bekrefter allerede kjente resultater.....	75
5.6.3	Mer avansert og komplisert.....	76
5.6.4	Utstyr.....	76
6	DISKUSJON	78
6.1	HVA SYNES ELEVENE OM FYSIKKFAGET?	78
6.2	FORSØK I SKOLEFYSIKKEN	78
6.2.1	Hva synes elevene om å gjøre forsøk?	78
6.2.2	Hva er hensikten med forsøkene?.....	78
6.2.3	Skolenes utstyrssituasjon.....	79
6.2.4	Forsøk med empirisk-matematisk modellering kontra andre typer forsøk.....	80
6.3	FORSØKET "HØRISONTALE KAST FRA BØTTE"	81
6.3.1	Hvordan gikk gjennomføringen av forsøket?	81
6.3.2	Hva lærte elevene av forsøket?	81
6.4	FORSØKET "KRAFTEN PÅ EN STRØMFØRENDE LEDER I ET MAGNETFELT"	82
6.4.1	Hvordan gikk gjennomføringa av forsøket?	82
6.4.2	Hva lærte elevene av forsøket?	83
6.5	FORSØK MED EMPIRISK-MATEMATISK MODELLERING	83
6.5.1	Hva syntes elevene om forsøk med empirisk-matematisk modellering?.....	83

6.5.2	<i>Matematikken i modelleringsøvelsene</i>	84
6.6	HVORDAN JOBBER ELEVENE MED OPPGAVER MED EMPIRISK-MATEMATISK MODELLERING?	86
6.6.1	<i>Potensialet til å jobbe i lag og samtalen mellom elevene</i>	86
6.6.2	<i>Samtalen mellom læreren og elevene</i>	87
6.6.3	<i>Bruken av fagord og faglige uttrykk</i>	87
6.6.4	<i>Hvordan resonnerer elevene når de jobber med oppgaver med empirisk-matematisk modellering?</i> 89	
6.6.5	<i>Modellens svakheter</i>	90
6.7	HVILKET FAGLIG UTBYTTE HAR ELEVENE AV OPPGAVER MED EMPIRISK-MATEMATISK MODELLERING? 91	
6.7.1	<i>Implementering av modellering i læreplanen</i>	92
6.8	NATURE OF SCIENCE	93
6.8.1	<i>Likhetsstrekk mellom modelleringsøvelsene og forskning innen fysikk</i>	93
7	KONKLUSJON	96
7.1	MULIGE FORBEDRINGER AV FORSØKENE	96
7.1.1	<i>Horisontalt kast fra bøtte</i>	96
7.1.2	<i>Kraften på en leder i et magnetfelt</i>	97
7.2	ANBEFALINGER	97
7.3	FORSLAG TIL VIDERE STUDIER	98
	REFERANSELISTE	99
APPENDIKS A	ELEVVEILEDNING TIL FORSØK OM HORIZONTAL KAST FRA BØTTE ...	103
APPENDIKS B	LÆRERVEILEDNING TIL FORSØK OM HORIZONTAL KAST FRA BØTTE	105
APPENDIKS C	FORSØK MED KRAFTEN PÅ EN LEDER I ET MAGNETFELT	111
APPENDIKS D	FORSØK MED KRAFTEN PÅ EN LEDER I ET MAGNETFELT LÆRERVEILEDNING	113
APPENDIKS E	INTERVJUGUIDE	117
APPENDIKS F	SPESIELLE TEGN BRUKT I TRANSKRIPSJONEN AV INTERVJUENE	119
APPENDIKS G	LISTE OVER KODER BRUKT I ATLAS.TI	120

Sammendrag

Denne oppgaven er en del av FYS 21-prosjektet og tar for seg utvikling og utprøving av undervisningsopplegg med empirisk-matematisk modellering i fysikk for tredjeklasse på videregående skole.

Hensikten med å fokusere på empirisk-matematisk modellering har vært å la elevene få øvelse i å kombinere de forskjellige representasjonsformene i fysikken og å gi dem erfaring med hvordan fysikk dreier seg om å lage matematiske beskrivelser (modeller) av fenomener basert på eksperimenter. Bakgrunnen for dette er at det hevdes at noe av grunnen til at fysikkfaget oppfattes som vanskelig er at elevene har problemer med overgangene mellom de forskjellige representasjonsformene (Dolin, 2002).

Målsetningen for oppgaven er:

1. Utvikle to elevforsøk med empirisk-matematisk modellering.
2. Finne ut hvordan elevene forholder seg til forsøk med empirisk-matematisk modellering.
 - a. Hva synes elevene om forsøk med empirisk-matematisk modellering?
 - b. Hvordan går elevene frem for å løse denne typen oppgaver?
 - c. Hvordan resonnerer de rundt spørsmålene i oppgaven?
 - d. Hvilket faglig utbytte har elevene av denne typen oppgaver?

I arbeidet med oppgaven ble det utviklet to elevforsøk med empirisk-matematisk modellering som ble gjennomført i tre klasser ved to forskjellige skoler. Klassene ble observert mens de gjennomførte forsøkene. I forbindelse med hvert forsøk ble det holdt to fokusgruppeintervjuer ved hver skole. Datamaterialet i denne undersøkelsen består av observasjonene, 8 fokusgruppeintervjuer og noen innsamlede elevrapporter.

Det første elevforsøket tok for seg hastigheten til vannstråler som rant ut av hull langs siden av en bøtte. Elevene skulle først finne hastigheten til strålene ved å bruke formlene for horisontale kast. Disse hastighetene skulle de tegne opp som en funksjon av avstanden til vannflata. Ut i fra denne grafen skulle de forsøke å modellere seg frem til en matematisk ligning som beskriver denne sammenhengen (Torricellis lov).

I det andre forsøket skulle elevene komme frem til et uttrykk for kraften på en strømførende leder i et magnetfelt ved først å finne en modell for kraften som en funksjon av lengden på lederen og så finne en modell for kraften på lederen som en funksjon av strømmen gjennom lederen. Modellene for disse to lineære sammenhengene skulle så settes sammen til et samlet uttrykk for kraften på en strømførende leder i et magnetfelt.

Analysen av datamaterialet ledet til følgende hovedfunn og anbefalinger:

Hovedfunn:

- Elevene liker å arbeide med forsøk i fysikkundervisningen, og de liker forsøk med empirisk-matematisk modellering. Samtidig har elevene ikke oppfattet den fulle hensikten med forsøkene. Dette antas å bidra til å svekke læringsutbyttet.

- Elevene ser i liten grad sammenhengen mellom den matematiske modellen de velger for å beskrive et fenomen og de fysiske konsekvensene denne modellen vil ha i praksis. Det virker som om elevene ikke behersker grafer godt nok til å kunne bruke dette verktøyet i så stor grad som det er forventet av dem
- Elevene resonnerer lite rundt resultatene de får og benytter seg ikke av muligheten til å diskutere resultatene med dem de jobber i lag med. De matematiske modellene de skal finne kommer i all hovedsak fra regresjon på kalkulatoren.
- Så lenge læreren stiller de riktige spørsmålene og setter elevene i gang er de godt i stand til å resonnerer rundt dataanalysen og diskutere resultatene de kommer frem til med hverandre.

Anbefalinger:

- I forbindelse med elevforsøk må det settes større fokus på lærerens rolle som tilrettelegger for resonnerer og diskusjon blant elevene. Og elevene må oppfordres til å vurdere resultatene sine og diskutere dem med hverandre.
- Det bør utvikles flere undervisningsopplegg med empirisk-matematisk modellering til bruk i fysikk for tredjeklasse på videregående skole. Oppleggene må relatere seg til flere av de forskjellige temaene kurset omhandler.
- Elevene må gjøres oppmerksomme på prosessmålene knyttet til elevforsøkene slik at de forstår at de også skal lære noe om arbeidsmetode når de jobber med elevforsøk.
- Matematikken og fysikken i elevforsøk må integreres bedre slik at elevene ikke kan løse oppgavene uten å måtte forholde seg til begge fagfeltene samtidig.

Summary

This thesis is a part of the PHYS 21-project and deals with development and testing of teaching sequences for students in the last year of upper secondary education in physics using empirical mathematical modelling. The purpose of using empirical mathematical modelling has been to give pupils practice in combining the different forms of representation in physics and give them experience in how physics is about making mathematical descriptions (models) of phenomena based on experiments. The reason for this is a claim that students find physics difficult because they have to use multiple forms of representation at the same time (Dolin, 2002).

Aim of this thesis:

1. Develop two experiments where the pupils have to use empirical mathematical modelling.
2. Find out how pupils respond to experiments based upon empirical mathematical modelling.
 - a. What do the students think about experiments with empirical mathematical modelling?
 - b. How do the students go about to solve this kind of assignments?
 - c. How do the students reason about the questions in the assignments?
 - d. What are students learning benefits when working with this kind of assignments?

During the process of this thesis two experiments were developed where the students had to use empirical mathematical modelling. These two experiments were tried out on three classes in two different schools. During the experiment the classes were observed and shortly after the experiments two groups from each school were interviewed in focus groups. The data for this thesis consist of the observation notes, the eight focus group interviews and some assignments students at one of the schools handed in after the experiments.

The first experiment dealt with the velocity of water running out of small holes on the side of a bucket. The students were first to find this velocity by using laws for horizontal projectile motion. The different values for velocity were then drawn into a coordinate system as a function of distance from the water surface. From this drawing the students tried to make a mathematical model to describe the phenomenon (Torricelli's theorem).

In the second experiment the students were to find a term for force on a current carrying conductor in a magnetic field. This was done by first finding a term for force as a function of the conductor's length and then finding a term for force as a function of current through the conductor. The terms for these linear relations were then to be joined together to form a model for the force on a current carrying conductor in a magnetic field.

Analysis of the data leads to the following main findings and recommendations:

Main findings:

- The students enjoyed working with experiments, and they liked experiments where they had to use empirical mathematical modelling. However the students didn't fully

understand the purpose of doing these experiments. This might have prevented them from achieving the entire desired learning goal.

- Only to a small extent did the students see the connections between the mathematical model they choose to represent the phenomenon and the physical consequences this model will have in the real world. The students seemed to have difficulties with interpretation of graphs and couldn't use this tool as efficiently as expected.
- The students hardly reasoned about their findings, and they seldom took the opportunity to discuss these findings with their peers. The mathematical model they tried to find emerged mainly as a result of statistical regression on their calculators.
- As long as the teacher poses the right questions and gets the students started, the students are fully capable of reasoning about their data analysis and discussing their findings with each other.

Recommendations:

- One has to focus on the teacher's role as a facilitator for reasoning and discussions among the students during experiments. And the students need to be encouraged into reasoning and discussing with each other.
- More teaching sequences using empirical mathematical modelling need to be developed for the last year physics course in upper secondary school. The sequences have to relate to different parts of the curriculum, not only Newtonian mechanics.
- Students need to be made aware of the progress goals related to the experiments to make them understand that the purpose of experiments isn't only the findings, but also about learning a procedure.
- Mathematics and physics in experiments need to be closely integrated to prevent students from solving the assignment without considering the two disciplines at the same time.

1 Innledning

Den junidagen i år 2000 da min beste venninne og jeg ikke ble trukket ut til muntlig eksamen i fysikk, og vi sprang euforiske gjennom byen og kastet fysikkbøkene våre ut fra Tromsøbrua, hadde jeg aldri trodd at jeg skulle skrive en masteroppgave i fysikk, og i alle fall ikke i fysikkdidaktikk. Fysikk var et fag jeg aldri mer skulle utsette meg selv for, og fysikkdidaktikk var et ord jeg ikke hadde hørt.

Når jeg nå sitter her med denne masteroppgaven er jeg av den oppfatning at flere av oss som sleit med fysikken burde ha kommet til det punktet hvor jeg er nå. Vi vet hvor fortvilende vanskelig fysikkfaget kan være, men med årene har jeg også sett hvor fantastisk artig det er når jeg får det til. Med den kunnskapen håper jeg at jeg har gode forutsetninger for å si noe om hvordan fysikk kan formidles på en måte som gjør faget engasjerende og som forhåpentligvis vil gjøre det litt enklere å lære.

1.1 Rammer for oppgaven

Denne masteroppgaven i fysikk innen fagfeltet fysikkdidaktikk er skrevet ved Skolelaboratoriet i fysikk på Fysisk institutt, Universitetet i Oslo. En beskrivelse av fagfeltet fysikkdidaktikk kan finnes blant annet i Sjøberg (2004).

Begrunnelsen for oppgaven er todelt. Oppgaven er en utvidning av prosjektet Fysikkutdanning for det 21. århundre (FYS 21) som ble startet ved Skolelaboratoriet i fysikk i 2003, og den er skrevet på bakgrunn av endringene i læreplanen for fysikk som kom med Kunnskapsløftet i 2006 (Utdanningsdirektoratet, 2006).

Oppgaven står på egne bein, men siden den er en del av FYS 21-prosjektet bør den sees i sammenheng med dette. Derfor er det skrevet en kort oppsummering av FYS 21-prosjektet som skal plassere oppgaven inn i sin kontekst.

I Kunnskapsløftet ble læreplanene i fysikk endret (Utdanningsdirektoratet, 2006). De nye læreplanene har et mye sterkere fokus på matematisk modellering i fysikk enn det var tidligere. Matematisk modellering er et av hovedmomentene i FYS 21-prosjektet. Fordi denne læreplanendringen kom så rett etter at hoveddelen av FYS 21-prosjektet ble prøvd ut ble det naturlig å trekke inn den nye læreplanen i denne masteroppgaven.

1.2 Målsetning

Hoveddelen av FYS 21-prosjektet omfattet bare 2. klasse fysikk ved videregående skole. Hensikten med denne masteroppgaven er å videreføre deler av FYS 21-prosjektet til også å gjelde 3. klasse. Dette førte til at målsetningen for denne oppgaven ble todelt. Det skulle utvikles to forsøk med empirisk-matematisk modellering til bruk i tredjeklasse på videregående skole, og det skulle undersøkes hvordan elevene forholdt seg til denne typen oppgaver.

1.2.1 Presisering av målsetningen

Målsetningen for oppgaven er: "Utvikling og utprøving av undervisningsopplegg med empirisk-matematisk modellering for 3FY". For å spisse denne målsetningen er følgende underpunkter satt opp:

1. Utvikling av to elevforsøk med empirisk-matematisk modellering.
2. Finne ut hvordan elevene forholder seg til forsøk med empirisk-matematisk modellering?
 - a. Hva synes elevene om forsøk med empirisk-matematisk modellering?
 - b. Hvordan går elevene frem for å løse denne typen oppgaver?
 - c. Hvordan resonnerer de rundt spørsmålene i oppgaven?
 - d. Hvilket faglig utbytte har elevene av denne typen oppgaver?

For å kunne komme med svar på disse spørsmålene blir empiri fra undersøkelsen undersøkt i lys av hvordan forsøk generelt og modelleringsforsøk spesielt er omtalt i faglitteraturen.

1.2.2 Begrunnelse for valg av målsetning

I fysikkdidaktisk forskning har det historisk vært fokus på læringsteorier, og forskningen har vært kritisert for å være for nært knyttet til generell undervisning og for lite anvendelig for fysikklærere (Lijnse, 2000). På bakgrunn av dette mener Lijnse (2000) at det er nødvendig med forskning som utvikler undervisningsopplegg for forskjellige tema i fysikkundervisningen. De to elevforsøkene som ble utviklet som en del av denne masteroppgaven er ment som nettopp den typen forskning Lijnse etterspør; forskning fysikklærere kan ta med seg og bruke direkte i sin undervisning.

En viktig grunn for valget av målsetning var at tidspunktet undersøkelsen skulle gjennomføres på var ideelt for å følge opp noen av klassene som hadde deltatt i FYS 21-prosjektet. Prosjektet hadde så langt omfattet 2FY-elever og relatert seg til pensum i 2FY-kurset, og gjennom denne undersøkelsen ble det mulig å prøve ut en videreføring av FYS 21-prosjektet til også å omfatte elever i 3FY.

Tatt i betraktning at de nye læreplanene i fysikk legger opp til at faget skal ha et sterkt fokus på matematisk modellering (Utdanningsdirektoratet, 2006) ville det være interessant å undersøke hvordan undervisningsopplegg med et sterkt fokus på modellering vil fungere. FYS 21-prosjektet og denne masteroppgaven er ment til å gi en pekepinn på hvordan dette kan gjøres og antyde hvordan resultatene av innføring av empirisk-matematisk modellering i stor skala kan bli.

1.2.3 Avgrensning av målsetningen

Størrelsen på denne undersøkelsen og valget av metode gjør at det ikke mulig å komme med noen generelle og allmenngyldige svar på forskningsspørsmålene. Det er heller ikke intensjonen med undersøkelsen.

Det første målet til undersøkelsen var å komme frem til gode undervisningsopplegg i form av to konkrete forsøk. Utvikling av forsøk generelt er ikke en del av undersøkelsen og vil ikke bli omtalt. Det andre målet handlet om å finne ut hvordan elevene forholder seg til forsøk med empirisk-matematisk modellering. Siden det er elevene som er fokus her står det lite om hvordan lærerne eller andre involverte forholder seg til denne typen forsøk.

2 Bakgrunn og teori

Elevene som deltok i undersøkelsen gikk på vanlige offentlige norske videregående skoler. Dette vil derfor være konteksten oppgaven må sees i. For å få et mer helhetlig bilde presenteres det her bakgrunn for oppgaven og teoriene den bygger på.

Et sentralt tema gjennom hele oppgaven er praktisk arbeid i fysikkundervisninga. Kjært barn har mange navn, og praktisk arbeid er i aller høyeste grad et kjært barn. Her vil begreper som forsøk, øvelse, eksperimenter, laboratoriearbeid, elevøvelse og praktisk arbeid brukes om det samme; nemlig undervisningssituasjoner hvor elevene selv får arbeide med forskjellig utstyr og studere fysiske fenomener.

2.1 Fysikk i norsk skole

Fysikkundervisningen i norsk skole er fra første til 11. trinn en integrert del av naturfagsundervisningen. Andelen fysikk i naturfagsundervisningen har vanligvis vært beskjedent. Dette antas å komme av at de aller fleste naturfagslærere, spesielt på barne- og ungdomstrinnet, ikke har tilstrekkelig utdanning innen fysikk (Almendingen, Tveita, & Klepaker, 2003). Mengden fysikk økte med innføringen av L97, men fysikk var fortsatt underrepresentert i naturfaget. Kunnskapsløftets læreplan for naturfag gjaldt fra høsten 2006. Sammenligner vi målene for hva elevene skal lære i det nye naturfagskurset i første klasse på videregående skole med det de skulle lære i læreplanen fra 1994 ser vi at antallet underpunkter som er direkte relatert til fysikk er noe høyere i den nye læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 1993; , 1996; , 2006). Ut i fra dette antas det at andelen fysikk i naturfagsundervisninga har økte ytterligere med innføringen av Kunnskapsløftet.

En evaluering av læreplanen fra 1997 gjennomført i 2003 viser at et stort flertall av skolene som har undervisning i naturfag har dårlig eller helt mangler utstyr til å gjennomføre forsøk med fysikk (Almendingen et al., 2003). Undersøkelsen viste også at det var en klar sammenheng mellom hvor mye utstyr skolene hadde til å gjennomføre fysikkforsøk og hyppigheten av disse forsøkene. Følgelig virker det som de fleste elevene får liten erfaring med fysikkforsøk i løpet av årene med naturfagsundervisning.

Andre og tredje studieår kan elever ved studieforbereende linjer på de aller fleste videregående skoler velge fysikk som fag. Undervisningstimetallet er fem timer i uka begge årene. Tall behandlet av Henriksen og basert på data fra Statistisk Sentralbyrå (Henriksen, 2008; Hægeland, Kirkebøen, & Skogstrøm, 2007; Statistisk-Sentralbyrå, 2007) viser at antallet elever som velger 2FY og 3FY har vært stabilt i perioden 2000 til 2006. Antallet elever som velger 2FY ligger på ca 10 % av årskullet. I 3FY er antallet mellom 5 og 6 % av årskullet. Sammenlignet med tall fra FUN (FysikkUtdanning i Norge) undersøkelsen (Angell, Henriksen, Guttersrud, & Isnes, 2004) kan det virke som det har vært en liten nedgang i elever som velger fagene i forhold til hvor mange som valgte dem på slutten av 1990 tallet.

Det er altså forholdsvis få elever har fysikk som fag, men i følge Guttersrud (2001) er de elevene som tar fysikk både fornøyd med faget og undervisningen i det. Fra denne elevgruppens resultater på TIMSS undersøkelsen i 1995 kommer det frem at elevene også holder et høyt faglig nivå (Angell, Kjærnsli, & Lie, 1999). Våren 2008 gjennomføres det en ny TIMSS undersøkelse som vil vise om kunnskapsnivået hos denne elevgruppen har endret seg.

2.2 Læreplanene

Høsten 2006 ble de nye læreplanene i Kunnskapsløftet implementert fra første året på videregående skole. Læreplanene for fysikk på andre året ble innført høsten 2007, og fra høsten 2008 vil Kunnskapsløftet være den gjeldende læreplanen også for fysikk på det tredje året av videregående.

En endring av læreplanen fra 1994 for fysikkfaget ble sett på som nødvendig for å øke antallet elever som velger fysikkfaglig fordypning, og fordi nyere forskning viste at det var svakheter i den fysikkundervisningen som ble gitt (Rolf Vegard Olsen, Guldahl, Henriksen, Jerstad, Johansen, Kind, & Aamot, 2004).

Fysikkfaget i K06 har en litt annen struktur enn i R94. Den første endringen er at fysikkursene har byttet navn. 2FY har blitt til Fysikk 1, og 3FY kalles nå Fysikk 2. På samme måte som i den gamle læreplanen bygger Fysikk 2 på Fysikk 1.

I den forrige læreplanen var det satt opp åtte og sju mål for hva elevene skulle kunne etter henholdsvis 2FY og 3FY. Disse målene hadde en rekke underpunkter som konkretiserte innholdet i de forskjellige målene. Med unntak av mål 1, som gikk på den epistemologiske siden av faget, og mål 2, som handlet om eksperimenter, var målene for de to fysikkursene forskjellige. I den nye læreplanen er målene byttet ut med fem hovedområder som er like for begge fysikkursene. Til disse hovedområdene er det knyttet en utdypning og flere kompetansemål. Utdypningen og kompetansemålene relatert til de forskjellige hovedområdene er forskjellig i de to kursene. Det er presisert at de fem hovedområdene utfyller hverandre og må sees i sammenheng.

I den nye læreplanen er det lagt inn noen som kalles "Grunnleggende ferdigheter". Grunnleggende ferdigheter er noe elevene skal ha i alle fag. Det innebærer at elevene skal kunne uttrykke seg muntlig og skriftlig, lese, regne og bruke digitale verktøy. Innenfor fysikkfaget innebærer dette blant annet at elevene skal kunne lese og reflektere over fysikkfaglige tekster, tolke formler og modeller og lage tabeller (Utdanningsdirektoratet, 2006).

2.2.1 Matematisk modellering i læreplanene

I læreplanen for fysikk fra 1994 var matematisk modellering, modeller og fagets epistemologiske utvikling nevnt mer eller mindre indirekte på flere steder. Elevene skulle kjenne fagets eksperimentelle natur, ha kunnskap om bruk av modeller, kunne presentere måleresultater på ulike måter og tolke grafiske fremstillinger av forskjellige typer bevegelse (Utdanningsdirektoratet, 1996). Det eneste punktet som omhandlet modeller direkte var hovedmoment 1b: "Elevene skal ... kjenne eksempler på bruk av modeller, og hvordan de blir brukt til å beskrive ulike fenomener" (Utdanningsdirektoratet, 1996, p. 4). Dette hovedmomentet var det samme både i 2FY og 3FY.

I læreplanen for fysikk i Kunnskapsløftet er det lagt betydelig mer vekt på modeller og modellering. Et av de fem hovedområdene har fått navnet "Å beskrive naturen med matematikk". I Fysikk 1 har dette hovedområdet fokus på hvordan matematikk kan brukes til systematisering av observasjoner, beskrive fenomener og forutsi hvordan et system vil oppføre seg. I Fysikk 2 er innholdet i hovedområdet rettet mer mot hvordan matematikk kan brukes til å modellere og gjøre beregninger. Her nevnes det også at vurderinga av modellens gyldighetsområde er en sentral del av hovedområdet (Utdanningsdirektoratet, 2006).

2.3 Forsøkene plass i skolefysikken

Når vi introduserer et undervisningsopplegg som baserer seg på empirisk-matematisk modellering, er det sentralt å vite noe om hvordan forsøk generelt fungerer i en undervisningssammenheng.

2.3.1 Skoleforsøk i et historisk perspektiv

Siden skoleforsøk ble innført i England på midten av 1800-tallet har holdningene til eksperimenter i realfag svingt mellom at elevene selv skal utføre det praktiske arbeidet og lærerstyrte demonstrasjonsforsøk (Hodson, 1993). Forsøkene har også variert mellom at elevene gjennom forsøket skal bekrefte sammenhenger de allerede har lært i teorien til at elevene selv skal finne forskjellige fysiske sammenhenger ut i fra datamaterialet de samler inne i løpet av forsøket (Lunetta, Hofstein, & Clough, 2007).

Forsøk i skolen ble først innført i kjemi med begrunnelsen ”... it teaches students how to learn.” (Hodson, 1993, p. 85). Ikke lenge etter kom fysikk- og biologiforsøkene. Til å begynne med var eksperimenter forbeholdt eldre elever og det var satt av lite tid til dette. Med årene har forsøk fått et stadig større omfang i skolen både med hensyn til hvem som gjør forsøk og hvor mye tid som brukes på det (Tiberghien, Veillard, Le Maréchal, Buty, & Millar, 2001).

Skoleforsøkene ble innført i den norske skolen på 1930-tallet, nyvinningen var inspirert av den tyske arbeidsskoletanken (Kind, Kjærnsli, Lie, & Turmo, 1999). Elevene skulle lære naturfag ved selv å arbeide med det. Andre argumenter for å bruke tid på forsøk i undervisningen har vært at det øker elevenes forståelse av vitenskapelige begreper og bruken av dem, fremmer elevenes praktiske ferdigheter og deres evne til problemløsning, gir elevene kunnskap om vitenskapen og hvordan forskere går frem, og ikke minst skal praktisk arbeid skape interesse og motivasjon for faget (Lunetta et al., 2007).

Bruken av forsøk og praktisk arbeid har opp gjennom tiden vært preget av forskjellige trender. Kort oppsummert har det vært tre hovedtrender siden slutten av 1960-tallet. Den første av disse trendene var ledende på slutten av 60-tallet og på starten av 70-tallet. Den vektla at elevene skulle være oppdagere. Uten å være påvirket av teoretisk kunnskap skulle de gjøre forsøk hvor de observerte et fenomen, og observasjonene skulle så induktivt lede til lover og teorier for fenomenet (Wellington, 1998). Denne innfallsvinkelen til praktisk arbeid ble kritisert blant annet for å gi et feilaktig bilde av vitenskapelige undersøkelser, og på 1980-tallet ble den byttet ut til fordel for en innfallsvinkel som hadde fokus på selve prosessen i det praktiske arbeidet. Grunntanken i denne perioden var at naturvitenskapen inneholdt en del metoder som kunne læres og brukes utenfor den naturvitenskapelige konteksten. En av teoriene var at det ville være lettere for svake elever å lære seg metodene uten å måtte forstå det vanskelige naturvitenskapelige innholdet i faget (Wellington, 1998). Det sterke fokuset på prosess uten teoretisk innhold gjorde at også denne trenden ble kritisert for å gi et feilaktig bilde av naturvitenskapen.

Mot slutten av 80-tallet kom en trend med forsøk hvor elevene skulle jobbe etter en såkalt vitenskapelig metode. Det ble lagt spesielt stor vekt på kontroll av variabler. Etter hvert minsket fokus på å kontrollere variabler noe til fordel for mer oppmerksomhet rundt viktigheten av beviser og evaluering av dem. Hovedkritikken mot denne retningen var at den fremhevet én fremgangsmåte som den ene vitenskapelige metoden og dermed kunne få det til

å virke som det bare fins én riktig metode for å gjøre praktiske undersøkelser på (Wellington, 1998).

Dagens trend innen fysikkundervisningen er det ikke lett å si noe entydig om, men opplegg som brer om seg er "Inquiry-based science learning" (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, & Hemmo, 2007), opplegg med bruk av dataloggere og annet digitalt utstyr (Barton, 1998; Beichner, 1994; Danielsen, 2008), bruk av diskusjon (Driver, Newton, & Osborne, 2000; Duschl & Osborne, 2002; Wellington & Osborne, 2001), og opplegg med empirisk-matematisk modellering (Angell, Henriksen, & Kind, 2007; Guttersrud, 2007).

2.3.2 Hensikten med eksperimenter

"No one doubts that the experience of practical work and getting a feel for materials, apparatus, events and phenomena are a vital part of science education." (Wellington, 1998, p. 13)

Denne påstanden nyanseres av FUN undersøkelsen som viser at lærerne legger betydelig vekt på eksperimentene i fysikkundervisninga mens elevene ikke ser på forsøkene som en like sentral del av faget som lærerne (Angell, Henriksen, & Isnes, 2003). Det er faktisk ingen av 3FY elevene i den påfølgende fokusgruppeundersøkelsen til FUN som nevnte eksperimenter når de ble spurt hva som var typisk for fysikkfaget (Guttersrud, 2001, p. 92). I forbindelse med den samme undersøkelse kommer Guttersrud (2001) frem til at elevene mener forsøkene hovedmål er å se om det de har lært stemmer i praksis. Elevene fremhever at forsøkene skal "klargjøre formlene" og koble teori og praksis. Elevene er i sin påstand på linje med Millar som sier:

"It is that the purpose of much practical work in science is to build a bridge – between the realm of objects and observable properties on the one hand, and the realm of ideas on the other." (Millar, 1998, p. 29)

Det brukes mange forskjellige ord for å omtale praktisk arbeid i undervisningen. Ofte brukte eksempler er lab, eksperiment, og forsøk. På samme måte som det fins mange navn fins det mange forskjellige hensikter med å gjøre praktisk arbeid (Sjøberg, 2004).

I diskusjoner rundt hvorfor elevene skal lære naturfag kan argumentene ofte deles inn i to kategorier; produktargumenter og prosessargumenter (Sjøberg, 2004). Førstnevnte handler om at både den enkelte og samfunnet har nytte av at elevene kjenner naturvitenskapelige lover, begreper og teorier; de naturvitenskapelige produktene. I den andre kategorien vektlegges de naturvitenskapelige prosesser og arbeidsmetoder. Disse prosessene fremstilles som "generelle redskaper for problemløsning i sin alminnelighet" (Sjøberg, 2004, p. 352). Argumentene for hva elevene skal lære gjennom det praktiske arbeidet kan også deles inn i disse hovedkategoriene.

I et forsøk på å finne hensikten med å bruke forsøk i naturfagsundervisningen setter Wellington opp tre grupper av argumenter for å drive med skoleforsøk, kognitive argumenter, argumenter relatert til de praktiske ferdighetene elevene skal oppnå, og argumenter som går på elevenes holdninger og følelser overfor faget.

De kognitive argumentene for å drive med praktisk arbeid handler om at praktisk arbeid kan forbedre elevenes forståelse av naturvitenskap og fremme deres utvikling av begreper (Wellington, 1998). Begrunnelsen for dette er at forsøkene kan hjelpe elevene til å visualisere

de lovene og teoriene som presenteres i den teoretiske delen av fysikkfaget. De kognitive argumentene har altså mye til felles med produktargumentene. Kognitive argumenter møtes ofte med motforestillinger som går på at elever ikke lærer særlig mye av forsøk hvis de ikke allerede vet hva det er de skal lære og at forsøk uten den nødvendige teoretiske bakgrunnskunnskapen kan forvirre elevene mer enn det opplyser dem (Guttersrud, 2001; Kind et al., 1999; Schilling, 2007).

I en europisk undersøkelse fra 1998 viser det seg at det svaralternativet flest lærere velger på spørsmål om hensikten med praktisk arbeid er "To link theory and practice" (Séré, 2002, p. 627). Ut i fra dette og lignende resultater fra andre studier (Lavonen, Jauhainen, Koponen, & Kurki-Sounio, 2004) kan det virke som de kognitive argumentene for å gjøre forsøk står sterkt.

Argumentene som relateres seg til ferdighetene elevene skal tilegne seg ved å gjøre praktisk arbeid kan være så enkle som at elevene lærer å gjøre pratisk arbeid nettopp ved å gjøre praktisk arbeid (Kind et al., 1999). I denne kategorien faller også påstandene om at praktisk arbeid vil lære elevene å komme med antagelser, å gjøre observasjoner, å ta målinger og flere andre ferdigheter som også kan overføres til andre bruksområder. Blant ferdighetsargumentene er det mange som også kan klassifiseres som produktargumenter. Ei innvending til denne innfallsvinkelen til det å gjøre forsøk kommer fra Séré som sier: "It is an illusion to attempt to teach practical skills, and particularly data analysis, just by itself out of context" (Séré, 2002, p. 636).

Wellingtons (1998) kategori av holdnings- eller følelsesmessige argumenter inneholder momenter som at praktisk arbeid er motiverende og spennende. Det motiverer elevene og gjør dem entusiastiske. I tillegg mener han at forsøk kan hjelpe elevene til å huske det de skal lære bedre.

I et spørreskjema utgitt i forbindelse med TIMSS undersøkelsen i 1995 ble lærerne spurt hva de mente var hensikten med elevforsøk. En stor andel av lærernes svarte at poenget var å motivere elevene (Kind et al., 1999). Dette er et svar som helt klart faller innenfor Wellingtons kategori for følelsesmessige argumenter.

Kind (2003) snakker om fire målsetninger for bruk av praktisk arbeid i undervisningen. Tre av disse målsetningene er i stor grad sammenfallende med Wellingtons argumenter, men Kind har i tillegg en målsetning om at praktisk arbeid skal lære elevene noe om selve naturvitenskapen, altså "hvordan naturvitenskapelig kunnskap skapes og etableres" (Kind, 2003, p. 239).

Denne fjerde målsetningen finnes til en viss grad igjen hos Tobin (1990) som sier at i arbeidet med praktiske øvelser får elevene mulighet til å konstruere sin egen kunnskap og forståelse. Videre antyder han for at praktisk arbeid vil være en naturlig del av undervisningen ut i fra et konstruktivistisk læringssyn.

Forskning på læring i forbindelse med praktisk arbeid har vist at det er veldig stor forskjell mellom det elevene tror er hensikten med å gjøre forsøk og det lærerne faktisk har som begrunnelse for forsøket (Campbell & Wilson, 1998; Lunetta et al., 2007; Tobin, 1990). Det har også kommet frem at det er forskjell mellom det læreplanene har som mål for forsøkene og det lærerne legger opp til (Lunetta et al., 2007).

2.3.3 Nature of science

Kinds (2003) målsetning om at elevene skal lære noe om selve den naturvitenskapelige prosessen og ikke bare produktene av den, leder han inn på noe som ofte omtales som *nature of science*; altså kunnskap om hvordan naturvitenskapen dannes og utvikler seg. Leach et al. (2003) antyder at det er en økende enighet om at læreplanen burde fremme en forståelse av *nature of science* blant elevene. I følge Lunetta et al. (2007) har det i årtier vært et mål at elevene skal lære om *nature of science*. Denne læringen har ofte vært knyttet til elevforsøkene (Lunetta et al., 2007).

Det argumenteres ofte for at det å lære om *nature of science* skal være et mål for den praktiske delen av fysikkundervisningen. John Leach (1999, p. 115) gir to hovedgrunner for dette:

- *In order to understand specific products of the scientific enterprise (i. e. laws, concepts, theories, experimental methods and procedures), students need to know something of the nature of science itself (the 'science learning argument').*
- *In order to understand and participate in scientific and technological aspects of society, whether as a citizen, worker or interested individual, it is necessary to know something about the nature of science (the 'scientific literacy argument').*

Kort oppsummert virker det som hensikten med undervisning i *nature of science* er at det skal bli enklere for elevene å forstå lover, teorier og metoder som brukes i naturvitenskapen. Det er dessuten et mål at elevene skal få kunnskap nok om selve naturvitenskapen til å kunne delta på de teknologiske og vitenskapelige arenaene i samfunnet.

Læreplanen for programfaget Fysikk i videregående skole poengterer også at elevene skal ha en viss innsikt i *nature of science*. Om fagets formål står det blant annet: ”Programfaget skal legge grunnlag for kreativitet, kritisk sans og metodeinnsikt i fysikkfaget” (Utdanningsdirektoratet, 2006, p. 1). Videre står det at elevene skal kunne skille vitenskapelig basert kunnskap fra kunnskap som ikke er basert på vitenskapelige arbeidsmetoder.

Innenfor naturvitenskapen jobbes det mye med utvikling av modeller for å beskrive virkelige fenomener (Utdanningsdirektoratet, 2006). Ved å gi elevene et innblikk i hvordan vitenskapen bygger på utvikling av modeller som prøves ut og videreutvikles eller forkastes kan de selv se at vitenskapen er dynamisk og i aller høyeste grad i utvikling. Samtidig sier Hodson (1993) at det ikke holder at elevene har et innblikk i arbeidsmetodene innen fysikkforskning; de må selv få prøve disse arbeidsmetodene.

“Encouraging students to undertake their own investigations is also a major contributor to their understanding of the nature of science. However, ‘getting a feel for science practice’ involves more than an awareness of the nature of observation and experimentation; it includes an understanding of the ways in which scientific research is reported and appraised” (Hodson, 1993, p. 116).

Hodson vurderer det altså som en nødvendig del av det å gjøre forsøk at elevene også får innblikk i hvordan naturvitenskapelig kunnskap rapporteres og vurderes. Lunetta et al. (2007) sier at en effektiv bruk av laboratorieundervisningen kan hjelpe elever å klargjøre *nature of science* og til å forstå hvordan denne måten å vite noe på er annerledes fra andre måter.

I 1996 ble det gjort en stor europeisk undersøkelse på laboratoriearbeid i videregående skole og på laveregrads studier på universitetet. Undersøkelsen viste at laboratoriearbeid var egnet for å lære den epistemologiske siden av faget (Séré, 2002). Dette kan ha sammenheng med at elevene får, slik Hodson (1993) påpeker, mulighet til selv å gjøre eksperimenter, observere resultater og skrive rapporter. Elevene får altså en slags førstehånds kunnskap om noen av måtene faget utvikler seg på.

Dette står i kontrast til utsagn som: "Undervisningsopplegg med slagord som "eleven som forsker" har blitt kritisert for å gi et misvisende bilde av hvordan virkelig forskning foregår" (Kind et al., 1999, p. 18). Elevene får et feil bilde av forskningen hvis de tror at det de gjør på skolen er det samme som det forskerne gjør. Kind et al. (1999) påpeker imidlertid også at dette er en større debatt som dreier seg om metodene som brukes i skolefysikken ligner på metodene som brukes innen forskning og om det å lære skolens metoder har overføringsverdi for å forstå forskningsmetodene.

Lunetta et al. (2007) hevder at elevene ofte ikke forstår sammenhengen mellom formålet med en undersøkelse og hvordan undersøkelsen blir satt opp og gjennomført. Dette antyder Lunetta et al. (2007) kan komme av at elevene sjelden må forholde seg til *nature of science* og hvordan denne ligger som et bakteppe for hvordan de gjør forsøk, tolker innsamlede data og forbinder resultatene sine med teori de kunne fra før.

2.3.4 Skolenes utstyrssituasjon

I Guttersruds (2001) intervjuundersøkelse blant elever ved noen videregående skoler i østlandsområdet kom det frem at elevene oppfattet skolenes utstyr som mangelfullt og ofte i dårlig forfatning. En spørreundersøkelse om utstyrssituasjonen gjennomført av Norsk Fysikklærerforening noen år seinere kom også frem til at tilgangen på utstyr til å gjennomføre fysikkforsøk ikke var god nok (R. V. Olsen, 2006). Det kan virke som problemene Almeningen et al. (2003) påpekte med utstyrssituasjonen i grunnskolen vedvarer i videregående skole.

En undersøkelse gjennomført på studenter i første året av en universitetsutdanning i fysikk ved et fransk universitet viste at elevene ikke skiller mellom tilfeldige feil og systematiske feil i resultatene de får på praktiske forsøk (Séré, Journeaux, & Larcher, 1993). Det er liten grunn til å tro at norske elever i tredjeklasse på videregående har noen bedre forståelse av disse feiltyperne. Ved å koble den svake forståelsen av feiltyper til at utstyret er dårlig og mangelfullt, noe som kan føre til feil i målingene, er det en viss fare for at elevene ikke klarer å skille ut hva som er feil som følge av feil på utstyret, hva som bare er tilfeldige feil, og hva som er svakheter ved modellen. Og i alt dette sammensuriet av feil kan det være problematisk for elevene å se hva som er relevante resultater av forsøket. Det at den problematiske utstyrssituasjonen kan føre til at elevene ikke forstår resultatene sine kom også frem i Guttersruds undersøkelse (Guttersrud, 2001).

2.3.5 Hva synes elevene om å gjøre eksperimenter

I den tidligere nevnte FUN-undersøkelsen kom det frem at elevene i videregående skolen synes eksperimenter var en interessant del av undervisningen, men at de ikke forsto det som en karakteristisk del av fysikkfaget (Angell et al., 2003).

Lunetta et al. (2007) viser til en rekke forskjellige undersøkelser når de sier at elever liker å gjøre laboratorieeksperimenter og at eksperimenter har ført til at elevene har fått en mer positiv holdning til naturvitenskap. Det er også funn som peker i retning av at elevene synes

de får en bedre forståelse av faget når de gjør forsøk (Campbell & Wilson, 1998). Videre antydes det at forsøk har ført til større interesse for naturvitenskap (Lunetta et al., 2007).

I en undersøkelse blant 13 til 16 åringer fra New Zealand svarer 57 % av de spurte at de liker skoleforsøk, men 40 % modererer denne påstanden til at de liker forsøk så lenge de har forstått hva forsøket handler om og får til å gjennomføre det (Hodson, 1993). Dette stemmer med flere andres påstand om at forsøk kan illustrere forskjellige fysiske fenomener, men de kan ikke gi en fullgod forklaring til elever som ikke på forhånd har kunnskap om hva det er de skal observere og hvorfor det fungerer slik det gjør (Schilling, 2007; Wellington, 1998).

Hva elevene synes om forsøk later også til å være knyttet til om elevene har forstått hva de skal lære av forsøkene. Mye tyder på at elever som vet hva det er meningen de skal lære og som aksepterer grunnen til at de trenger å lære dette, er mer motivert (Hodson, 1993).

2.3.6 Eksperimenter som kilde til ny kunnskap

Selv om elevene gir inntrykk av at de liker å gjøre forsøk, er det mye som tyder på at det ikke er en spesielt effektiv måte å lære på. Hodson påpeker at det er vanskelig å komme med noe entydig svar på hva elevene lærer og ikke lærer noe av, men at det ikke er noen grunn til å tro at praktisk arbeid er mer effektivt enn andre metoder for å lære elevene teori og begreper (Hodson, 1993). Han påpeker videre at en rekke undersøkelser faktisk har vist at praktisk arbeid er mindre egnet til å fremme denne typen læring enn andre metoder.

Dette kan sees i sammenheng med en europeisk undersøkelse som konkluderte med: "The superiority of the lecture was demonstrated" (Séré, 2002, p. 627). Ut i fra dette kan det virke som om tradisjonell tavleundervisning er den mest hensiktsmessige metoden for å lære elevene begreper og teori i fysikk. Lunetta et al. (2007) sier i sin artikkel at den læringen som foregår i laboratoriet er signifikant forskjellig fra den læringen som skal til for å tilegne seg innholdet i fysikkfaget, altså teorier og begreper. Samtidig antyder de at forsøk kan være den beste måten å lære å gjøre undersøkelser på dersom læreren er dyktig innen flere forskjellige metoder for å gjøre undersøkelser.

Schilling (2006) sier at dersom elevene skal lære noe av å jobbe med praktisk arbeid er de nødt til å allerede ha god forståelse av teorien på området de skal studere. Dermed snur Schilling problemstillingen opp ned. Der det tradisjonelt har vært sagt at praktisk arbeid er et pedagogisk virkemiddel for å lære teori, sier Schilling at teorilæringen er middel for å bli i stand til å gjøre eksperimentelle undersøkelser (Schilling, 2006).

I TIMSS undersøkelsen ble det blant annet gjort undersøkelser på sammenhengen mellom å gjøre mange forsøk og å gjøre det bra på den skriftlige prøven. Og også her viser det seg at forsøk ikke ser ut til å fremme elevenes teoretiske og begrepsmessige kunnskap.

"Resultatene fra TIMSS viser ingen positiv sammenheng mellom det å gjøre mye elevøvelser og det å skåre høyt på skriftlig prøve. Men vi ser på resultatene for den praktiske prøven, så ser vi at det er en viss sammenheng mellom elevenes resultater på praktisk prøve og hvor ofte de gjør elevforsøk." (Kind et al., 1999, p. 83)

Til tross for at elevene ikke ser ut til å lære mer teori av å gjøre forsøk lærer de altså noe av forsøkene likevel. Elevene lærer å gjøre forsøk, som i følge læreplanen også er et mål at de skal kunne. Kind et al. (1999) avdekket dessuten at det ikke var samme positive tendens når det kom til praktisk arbeid hos elever som hadde vært til stede på mange

læreremonstrasjoner. Det virker dermed som om elevene rett og slett må få prøve å gjennomføre forsøkene selv.

Praktisk arbeid i laboratoriet kan også føre til at elevene lærer om hvordan de skal bruke utstyret som fins der, og med de rette oppgavene og en dyktig lærer kan det gjøre at elevene blir flinkere til å foreta egne undersøkelser (Lunetta et al., 2007).

Det viser seg at det at elevene lærer å gjøre forsøk ikke nødvendigvis betyr at de lærer så mye om hvordan en virkelig vitenskapelig undersøkelse gjennomføres. Hodson refererer til flere forskjellige undersøkelser når han sier:

”Research findings focused on children’s understanding of the nature of scientific inquiry are similarly disappointing: individual practical work often seems to be counter-productive, leading to somewhat distorted and incoherent understanding of scientific methodology.”(Hodson, 1993, p. 95)

Det kan, ut i fra dette sitatet, se ut som det ikke er noen automatikk i at praktisk arbeid lærer elevene om hvordan fysikkfaget utvikler seg eller *nature of science*. Men det er forskning som tyder på at hvordan elevene går frem når de arbeider med praktiske øvelser faktisk er avhengig av hvilket bilde elevene har av *nature of science* (Duit, Niedderer, & Schecker, 2007).

Guttersrud (2001) oppdaget i sin undersøkelse at laboratoriearbeid i liten grad ble brukt som kilde til ny kunnskap. Utbyttet av arbeidet var hovedsakelig repetisjon av kunnskap elevene allerede hadde samt at arbeidet var en avveksling fra resten av fysikkundervisningen.

Lunetta et al. (2007) hevder at noe bruk av praktisk arbeid kan være med på å fremme et sunt og positivt læringsmiljø. Dette vil igjen kunne påvirke hvor mye elevene lærer i faget.

Kind med flere argumenterer for at man må bli mer bevisst på hva det er man virkelig måler når man forsøker å vurdere elevenes praktiske ferdigheter. De minner også om at praktisk arbeid ikke er noen snarvei til kunnskap (Kind et al., 1999). Spesielt poengterer de at de mest åpne oppleggene kan føre til lite ny kunnskap hos elevene. Her siterer de Rosalind Driver som har skrevet om uttrykket ”I do and I understand” til ”I do and I am even more confused” (Kind et al., 1999, p. 90).

2.3.7 Bruken av faglige uttrykk

Mortimer og Scott (2003) starter sin diskusjon om bruken av språket i realfagsundervisningen med påstanden ”If you can’t say it, you don’t understand it” (Mortimer & Scott, 2003, p. 8). Og de er ikke de eneste som har påpekt at det er en sammenheng mellom å beherske språket som brukes innen et fagfelt og å lære fagfeltet (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; Wellington & Osborne, 2001).

Tidligere undersøkelser har vist at elevene mener hensikten med å gjøre forsøk er å bekrefte de resultatene de allerede har lært i teorien (Guttersrud, 2001). Ut i fra dette er det rimelig å forvente at teorier og begreper knyttet til et tema ble hyppig brukt i løpet av forsøkene relatert til dette temaet. En europeisk undersøkelse viser imidlertid at dette ikke er tilfellet: ”The outcome of this study, and many other ones, illustrates the weak use of concepts and theory during the session” (Séré, 2002, p. 629). En annen undersøkelse kommer frem til et lignende resultat og konkluderer med at elevene bruker beskrivelsen av forsøket de skal gjøre som en

slags oppskrift som de følger systematisk uten å verken tenke eller snakke om fysikk mens de holder på (Duit et al., 2007).

I læreplanen for Fysikk i Kunnskapsløftet er det å beherske fysikkfaglige begreper, ha et presist og entydig språk og å kunne skille mellom dagliglivets bruk av begreper og fysikkens bruk av de samme begrepene regnet som grunnleggende ferdigheter i fysikk (Utdanningsdirektoratet, 2006). Det innebærer at elevene ikke bare skal ha hørt begrepene, men de skal være i stand til selv å bruke dem korrekt.

For at elevene skal ha mulighet til å demonstrere at de behersker de faglige begrepene og teorien trenger de en arena for samtale. Et naturlig sted for dette vil være innad i gruppene som jobber i lag med forsøket.

2.3.8 Samtalen mellom elevene

Flere undersøkelser fra slutten av 80-tallet viser at samtalen mellom elevene i løpet av et elevforsøk tilsynelatende dreier seg veldig lite om å finne ut hva resultatene de kommer frem til betyr. Men det er vanlig at elevene forsøker å få bekreftelse på at observasjonene deres er riktige både fra de andre elevene og fra læreren (Hodson, 1993). Det er også påpekt at vi ikke uten videre kan anta at elever som er satt sammen til å gjøre et elevforsøk i lag kommer til å samarbeide uten at de har lært denne formen for samarbeid på forhånd (Tobin, 1990).

Det at elevene ikke snakker med hverandre om resultatene av forsøkene er uheldig ut i fra synspunkter om at det er i løpet av en diskusjon det er lettest å finne ut hvor mye elevene har forstått (Duschl & Osborne, 2002). I en diskusjon eller samtale om fenomenet elevene skal studere vil de måtte klargjøre både for seg selv og andre hvordan de tror noe henger sammen. De vil måtte bruke begreper knyttet til fenomenet, og de vil måtte vurdere hva som er gode og dårlige argumenter når de skal forsøke å bli enige om en løsning av oppgaven. En slik diskurs vil kunne øke læringsutbytte til elevene (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002).

Klepaker med flere viser til undersøkelser fra Norge, USA, og Australia som kommer frem til at elevene synes de lærer mer og får en mer positiv holdning til realfagene og lærerne innen fagene når de får holde på med varierte aktiviteter hvor de selv skal delta aktivt (Klepaker, Almendingen, & Tveita, 2007). Samtaler rundt et elevforsøk kan være et eksempel på en slik aktivitet.

I en undersøkelse fra 2001 kom det frem at elevene ikke ser de mulighetene for samarbeid som byr seg når de skal arbeide med forsøk (Guttersrud, 2001). Det er altså grunn til å tro at denne anledningen for meningsutveksling rundt forskjellige fysiske fenomener ikke blir utnyttet tilstrekkelig av elevene. Dette til tross for at det er undersøkelser som tyder på at noe av det elevene liker med å gjøre forsøk er å samarbeide i grupper (Campbell & Wilson, 1998). Samtidig viser en rekke undersøkelser at elever som samarbeider om forsøkene øker sine prestasjoner både innen forståelse av forsøket og innen praktiske ferdigheter (Lunetta et al., 2007).

Tobin (1990) viser til en gjennomgang av over tusen undersøkelser når han konkluderer med at samarbeidslæring fører til at elevene lærer mer, får bedre selvtillit, er mer motiverte og får mer positive holdninger til læringen enn elever som konkurrerer med hverandre eller jobber alene. Han sier også at elevene gjennom å samarbeide får mulighet til å klargjøre og vurdere hva de egentlig har forstått, og de får mulighet til å korrigere ting det viser seg at de har

misforstått. Sentralt for å oppnå disse gode resultatene ved samarbeidslæring og samtale mellom elevene er at elevene gis tid til å tenke gjennom hva de arbeider med (Tobin, 1990).

For at praktisk arbeid skal få de ønskede effektene på læringen og styrke motivasjonen til elevene påstår Tobin (1990) at det er helt avgjørende at elevene blir gitt rom for gjøre undersøkelsene slik de selv vil i samarbeid med hverandre. De må få tid til å tenke og diskutere med hverandre, og læreren må være tilstede for å legge til rette for både tid til å tenke seg om og til å diskutere elevene imellom (Tobin, 1990). Tobin sier videre at læreren også er nødt til å jobbe med å opprettholde samtalene mellom elevene og være klar både til å utfordre og hjelpe elevene når det trengs.

En viktig del av det å legge opp til at elevene skal samarbeide og diskutere forsøkene de gjør er et ønske om at elevene skal gjøre resonnementer knyttet til fysikken i fenomenet de studerer. Kanari og Millar (2004) argumenterer for at dersom elevenes resonnement skal være vitenskapelige, er de nødt til å bygge på elevenes innsamlede data.

Et hinder for samtalen mellom elevene og samtalene mellom elever og lærere kan være at det er noe kunnskap elevene helt tydelig har når de jobber med oppgaver på papir som de ikke klarer å uttrykke verbalt (Tobin, 1990). Det kan tyde på at elevene har vansker med den verbale representasjonsformen av kunnskapen de innehar.

2.4 Representasjonsformer

Med representasjonsformer menes det i denne oppgaven forskjellige fremstillinger av et fysisk fenomen.

Jens Dolin (2002) hevder i sin PhD-avhandling at grunnen til at fysikk er vanskelig er at studentene må håndtere flere representasjonsformer for samme fenomen på en gang. For eksempel må de se sammenhengen mellom det konkrete objektet: en stein som faller, de fysiske begrepene som beskriver denne steinen: gravitasjon, fart, akselerasjon osv, de matematiske uttrykkene som brukes til å gjøre beregninger på denne steinen og grafer eller figurer som viser hvordan steinen har beveget seg. Samtidig som disse representasjonsformene gjør faget vanskelig, mener Dolin (2002) at det er nettopp overgangen mellom disse forskjellige måtene å representere en fysisk problemstilling på som er det sentrale i forståelsen av fysikk: "Jo mere de forskjellige representasjonsformer er integreret hos den lærende, dvs. jo flere transformationer og links der er imellem dem, jo bedre er vedkommendes forståelse" (Dolin, 2002, s172). Videre sier han at "Det er i høy grad i transformationene mellom de forskjellige representasjonsformer at forståelsen oppstår" (Dolin, 2002, s172). Dolin sier med dette at det ser ut som at jo mer elevene må jobbe med overgangene mellom representasjonsformer som fysisk problem, graf og matematisk modell, jo mer forstår de. En påstand som også støttes av Guttersrud (2007).

I Prain og Waldrips (2006) undersøkelser viser det seg at elevene ikke har tilstrekkelig kunnskap om hvordan de skal finne en symbolsk representasjon av de fenomenene de observerer, og at de trenger hjelp til å finne passende representasjonsformer for de dataene de jobber med. Videre så de at det var en sammenheng mellom hvor godt elevene manøvrerte mellom de forskjellige representasjonsformene og hvor mye de lærte. Det viser seg imidlertid at det at elevene behersker en representasjonsform godt betyr ikke nødvendigvis at de har lært mye fysikk (Prain & Waldrip, 2006).

Også Erickson (2006) kommenterer at elevene har problemer med overgangene mellom de forskjellige representasjonsformene. Spesielt trekker han frem at elevene ikke er vant med å knytte sammen matematikken som trengs for å kunne plote en graf ut i fra data samlet inn ved målinger og den fysiske situasjonen de gjorde målingene i. Elevene er rett og slett ikke vant med at variablene x og y står for noe og at grafene de får skal tolkes i en kontekst (Erickson, 2006). Lignende resultater kom frem i en fransk undersøkelse. Her sa lærerne som ble intervjuet at de følte at den matematiske representasjonen av de fysiske fenomenene sto som en barriere for elevens forståelse (Albe, Venturini, & Lascours, 2001).

Beichner (1994) påpeker at elevenes problemer med å forstå grafer og hva de representerer ikke blir mindre av at lærere har en tendens til å tro at elevene er i stand til å trekke ut det meste av informasjonen som fins i en graf. Dette er ofte ikke tilfellet (Beichner, 1994).

En av de tingene som skiller en fysiker eller en dyktig fysikkelev fra en som nettopp har begynt, er bruken av flere representasjonsformer samtidig og hvor problemfri overgangene mellom de ulike representasjonsformer er (Angell, Kind, K.Henriksen, & Guttersrud, 2008b).

I den nye læreplanen i fysikk er det å kunne forholde seg til varierte fremstillinger av måledata regnet som en grunnleggende ferdighet:

”Å kunne lese i fysikk innebærer å trekke ut, tolke og reflektere over informasjon i fysikkfaglige tekster, brosjyrer, aviser, populærvitenskapelige magasiner og bøker og på Internett (...) Videre vil det si å forstå innholdet i tabeller, grafer, bilder, ordinær tekst og likninger.” (Utdanningsdirektoratet, 2006, p. 3)

Det er altså forventet at elevene skal utvikle ferdigheter i å jobbe med fysikkfagets forskjellige representasjonsformer.

2.5 Modeller

Samfunnet er fullt av forskjellige modeller og bruken av modeller i undervisning er omfattende.

”Models and modelling are fundamental parts of both products (scientific concepts, laws and theories) and processes (methods, techniques and procedures) of science, and are accordingly perceived as important components of science education” (Guttersrud, 2007, p. 2)

Ordet modell brukes ulikt i forskjellige sammenhenger (Sjøberg, 2004; Viennot, 2003). I denne masteroppgaven gis begrepet en nokså vid definisjon. Her betraktes modeller som representasjoner av virkeligheten ofte uttrykt i et matematisk språk. Poenget med å innføre en modell er at denne skal være enklere eller mer anvendelig til å tolke enn den virkelige situasjonen.

Modeller har lenge vært en sentral del av undervisningen i flere av skolens fag. Allerede rundt 1630 skrev Comenius om bruk av modeller i undervisning i sin bok ”The great didactic”. Comenius konsentrerte seg om konkrete modeller som elevene kunne se og ta på; såkalte skalamodeller. Med årene har det kommet flere typer modeller inn i skolen. Utvikling av matematiske modeller har imidlertid ikke vært særlig utbredt (Erickson, 2006).

I 1962 gav Max Black ut en bok hvor han klassifiserte modeller inn i fem kategorier (Hannisdal & Ringnes, 2003); skalamodeller, analoge modeller, matematiske modeller,

teoretiske modeller og mønstermodeller. Rekkefølgen på modellene var gitt slik at skalamodeller var de aller enkleste. De lignet virkeligheten i alle sentrale trekk. De var bare skalert opp eller ned i størrelse. Så øker kompleksiteten og abstraksjonen til modellene frem til mønstermodellen som benytter begreper, lover og regler for et fagfelt overført til et annet område. Når det gjelder kompleksitet havner de matematiske modellene midt på skalaen. I den matematiske modellen ligger både modeller som fremlegges som et matematisk uttrykk og simuleringer som baserer seg på matematiske sammenhenger beregnet kvantitativ på datamaskin.

Det er flere grunner til å bruke modellering som en læringsmetode i fysikkfaget. To av hovedgrunnene er at det gjør fysikkundervisninga mer lik den vitenskapelige praksisen innen faget og at det kan være et virkemiddel for å bøte på noen av svakhetene ved tradisjonell fysikkundervisning (Wells, Hestenes, & Swackhamer, 1995). Å bruke modeller i undervisningen vil blant annet hjelpe elevene til å utvikle en mer logisk, fleksibel og systematisk forståelse av fysikk (Wells et al., 1995).

De mange modellene innenfor et fagfelt vil, naturlig nok, ha ulik status. Noen er i aktiv bruk blant forskerne mens andre igjen har bare historisk verdi. Noen modeller brukes bare i undervisning. Sist, men ikke minst, har folk flest en del hverdagsoppfatninger som kan betraktes som modeller. Innen fysikken kan ofte en modell som presenteres i undervisningen være helt feil i forhold til den som brukes i forskning (Dolin, 2002).

I utgangspunktet virker det logisk å undervise i de modellene forskerne er enige om og bruker selv. Det har imidlertid vist seg at disse modellene er litt for kompliserte for de fleste elevene. Ofte er det faktisk mer hensiktsmessig å bruke historiske modeller i undervisningen (Hannisdal & Ringnes, 2003). Lærerne kan da velge noen modeller som er enkle nok, og som tar for seg akkurat det de ønsker å forklare elevene. Sjøberg og Lie (1981) kom frem til at elevers konstruksjon av kunnskap innen et fagområde gjerne utvikler seg på samme måte som kunnskapens egen historiske utvikling. Dette peker i retning av at det er fordelaktig å bruke en del historiske modeller i undervisningen.

Et problem som ofte oppstår ved bruk av modeller i undervisningen er at elevene ikke er oppmerksomme på begrensningene til modellen (Hannisdal & Ringnes, 2003). Hodson poengterer at det er viktig at elevene lærer om disse begrensningene:

”Just as it is important for children to learn that the appropriateness of language and behaviour is dependent on the social context, so it is important to recognize that the appropriateness of scientific models and theories is dependent on the issue or problem that is being addressed.” (Hodson, 1993, pp. 109-110)

Nødvendigheten av å plassere modellene i en kontekst og forstå begrensningene og mulighetene denne konteksten legger på modellen trekkes også frem av Hestenes (1987). Han mener at elevene vil bli dyktige til dette hvis de gis tilstrekkelig opplæring i selv å lage modeller.

Samtidig som det er viktig å plassere modellen i en sammenheng er det nødvendig å merke seg at det er modellen som setter svarene elevene regner seg frem til i en kontekst og på den måten gjør de meningsfulle. Uten å ha modellen er det vanskelig å vurdere betydningen og riktigheten av svarene (Wells et al., 1995).

Thomassen (1994) sier at etter å ha jobbet seg gjennom de forskjellige fasene fra formulering av en hypotese til testing og modifisering av den og frem til en ny lov, er elevene nødt til å ha en diskusjon om feilkilder og gyldighetsområdet til den nye regelen. Dette er sentralt i empirisk-matematiske modellering. Det er i løpet av denne diskusjonen elevene skal forstå hvor essensielt det er å se på begrensningene til en modell. De skal også få et bilde av at de reglene og ”sannhetene” som presenteres i lærebøkene har begrensninger, mangler og feilkilder.

Slik Wells et al. (1995) beskriver det kan modeller brukes til å finne løsninger på problemer, men spesielt ønsker de å trekke frem at bruk av modeller i forbindelse med praktisk arbeid kan være veldig nyttig for å beskrive og forklare fysiske fenomener.

2.5.1 Matematisk modellering

Max Black beskriver matematiske modeller som ”Situasjoner som kan oppsummeres i eller representeres med en matematisk ligning” (Hannisdal & Ringnes, 2003, p. 204). Denne beskrivelsen er dekkende for veldig mange av de sammenhengene elevene møter i realfagene. Dette gjelder spesielt for fysikk. Callin med flere (1998) sier rett frem at matematikk er det internasjonale språket i fysikk. Dette viderefører Schilling (2006) når han sier:

”Det der karakteriserer fysikken som forskningsfag, er at det konstruerer idealiserte, altså sterkt simplifiserte representasjoner av dele av virkeligheten, og derefter skaber matematisk-symboliske beskrivelser (modeller) af dem.”(Schilling, 2006, p. 24)

Denne påstanden stemmer med Hestenes (1987) utsagn om at matematisk modellering er sentralt innen vitenskapsfaget fysikk og at det derfor burde være sentralt innen skolefaget fysikk. Hestenes (1987) sier videre at matematisk modellering er så viktig for fysikkfaget at undervisning av prinsipper og teknikker innen matematisk modelleringer er viktigere enn å undervise fakta og teorier i fysikk.

Erickson hevder at empirisk-matematisk modellering ligger i en gråsoner mellom matematikk og fysikk (Erickson, 2006). Dette tror han kan føre til at denne arbeidsmetoden kan være fornuftig innenfor både matematikk og fysikk, men at lærere innen begge fagfeltene har brukt metoden lite nettopp fordi de føler at den ligger litt på utsiden av hva som hører med i deres fag.

En matematisk modell er en konseptuell representasjon av et reelt objekt. Innenfor fysikken innebærer dette at fysiske egenskaper er representert med kvantitative variable i modellene (Hestenes, 1987). Ut i fra Hestenes (1987) beskrivelse består en matematisk modell av fire komponenter:

- 1) Et sett av navn på de forskjellige objektene og komponentene som inngår i modellen samt navn på de ytre påvirkningsfaktorene. Eksempler på dette kan være kraft, arbeid, elektrisitet og lignende.
- 2) Et sett beskrivende variable som representerer egenskapene til de forskjellige objektene i modellen. Hvis objektet hadde navnet kraft, ville variablene kunne være masse og akselerasjon.
- 3) Ligningene til modellen som beskriver modellens struktur og hvordan den vil utvikle seg med tiden. $F = m \cdot a$ kan være et eksempel på en slik ligning.
- 4) En tolkning som relaterer de beskrivende variablene til egenskaper ved objektet modellen skal representere.

Slik Hestenes (1987) ser det, er det viktig at elevene forstår at tolkningen av variablene i modellen er en kritisk komponent i selve modellen. "Without an interpretation the equations of a model represent nothing; they are merely abstract relations among mathematical variables" (Hestenes, 1987, p. 442).

Modelleringsprosessen kan deles inn i fire stadier (Hestenes, 1987). Først kommer det "beskrivende stadiet" hvor elevene skal studere problemet de ønsker å løse ved å finne en modell. De må sette seg inn i problemet blant annet ved å se på det ved hjelp av forskjellige representasjonsformer. I dette stadiet kan det være lurt å minne elevene om at enhver modell bare vil være en delvis representasjon av objektet de ser på. De må så gjøre en vurdering av hvilke komponenter de ønsker at modellen deres skal ta hensyn til. Hestenes (1987) antyder at det er på dette stadiet elevene har flest problemer, og at dette stadiet ofte blir gjennomgått for raskt og overfladisk i klasserommet.

Det neste stadiet i modelleringsprosessen kalles "formuleringsstadiet". Det er her elevene skal formulere en matematisk ligning ut i fra den beskrivelsen de har av problemet. Overgangen mellom data fremstilt som grafer og ei ligning går sjelden særlig automatisk for elevene, og her er det et problem at lærere og lærebøker ofte bare legger frem ligninga uten å klargjøre for elevene hvilke forenklinger og antagelser som ligger bak (Hestenes, 1987).

Modelleringsprosessens tredje stadium kalles "forgreiningstadiet". Her skal elevene se på de forskjellige egenskapene modellen har og hvilke konsekvenser den vil få når den settes inn i en fysisk kontekst. Det siste stadiet i modelleringa kalles; "valideringsstadiet". Elevene skal i dette stadiet jobbe med å evaluere modellen de har kommet frem til. Her blir de nødt til å se på de forskjellige momentene de kom frem til i forgreiningstadiet og vurdere om de virker rimelige ut i fra empiriske data.

2.5.2 Empirisk-matematisk modellering

Empirisk-matematisk modellering starter vanligvis med at elevene blir presentert for en problemstilling. Ut i fra denne problemstillingen skal elevene tenke ut en hypotese som de tester ut eksperimentelt. Eksperimentet skal føre til at elevene får måleserier som de kan tegne opp som grafer. Ved å bruke formen på grafene, det elevene forventer ut i fra hypotesene sine og det de har sett i eksperimentet skal elevene lage et matematisk uttrykk som beskriver situasjonen. Angell et al. (2005) kommer med en rekke forskjellige eksempler på øvelser som legger opp til denne arbeidsmetoden. Eksempelvis har de en oppgave hvor elevene skal strekke en gelemann og finne en matematisk modell for forlengelsen av denne gelemannen som funksjon av kraften de bruker til å strekke gelemannen. Her må elevene forholde seg til at modellen de kommer frem til bare vil gjelde for små forlengelser av gelemannen og at gelemannens forlengningsegenskaper endrer seg etter at de har dratt i den. Poenget her er ikke at elevene nødvendigvis skal komme frem til Hookes lov, men at de skal lære en arbeidsmetode og klare å lage en matematisk modell de kan forsvare med utgangspunkt i grafen de tegnet av dataene de har samlet inn.

Slik Angell et al. (2008b) legger frem undervisningsopplegg med empirisk-matematisk modellering, er noe av poenget med øvelsen at elevene ikke skal kjenne til uttrykket de skal komme frem til på forhånd. De får på denne måten en mer autentisk opplevelse av å drive med forskning. Hodson er tilsynelatende enig og sier videre at verken elevene eller læreren burde vite resultatet på forhånd når de jobber med modelleringsøvelser.

“On the grounds that observation of skilled performers facilitates the learning of skills, there may also be much to be gained by teachers modelling scientific investigations for students. Of course, it has to be ‘honest’ modelling, in the sense that the teacher does not know the outcome of the inquiry or even, at the outset, the best way of proceeding” (Hodson, 1993, p. 124)

Læreren må altså ha mot til å sette i gang med eksperimenter hvor utfallet ikke er kjent på forhånd. Men vel så viktig er det at læreren lar elevene sette i gang med disse eksperimentene.

Eggleston med flere (refert i Hodson, 1993) deler lærerne inn i tre hovedkategorier; de som foretrekker lærerstyrt problemløsning, de som vektlegger at elevene skal finne og undersøke fakta og de som fokuserer på at elevene skal gjøre sine egne undersøkelser. Forskning har vist at denne siste typen genererer bedre holdninger til naturvitenskap i elevgruppen, men at ingen av de tre undervisningsstilene er bedre enn de andre til å lære elevene de kognitive ferdighetene det er meningen at de skal oppnå i faget (Hodson, 1993). For å fremme gode holdninger til realfag virker det ut i fra dette som om det er hensiktsmessig å la elevene gjøre undersøkelser og oppfordre lærerne til å jobbe ut i fra en filosofi som vektlegger dette.

En ulempe med empirisk-matematisk modellering og tilsvarende arbeidsmetoder er at de er svært tidkrevende (Thomassen, 1994). Et annet minus ved empirisk-matematisk modellering er at det er vanskelig. Selv elever som har gode kunnskaper i matematikk har problemer med å forstå enkel matematikk når den blir knyttet til fysiske problemstillinger (Erickson, 2006). Før elevene blir vant med arbeidsmetoden og begynner å forstå mer av hva den går ut på, må det forventes at resultatene til klassen synker noe (Erickson, 2006).

Likevel ser det ut til at elevene i Ericksons undersøkelse på sikt blir flinkere. De lærer å se sammenhengen mellom dataene de samler inn og de matematiske funksjonene, de blir flinkere til å forstå de forskjellige parameterne i ligningene og de blir flinkere til å tolke funksjonene og parameterne ut i fra den konteksten dataene ble samlet inn i (Erickson, 2006).

En annen grunn til å arbeide med empirisk-matematisk modellering i fysikktimene er at denne arbeidsmåten ligger nært opp til noen av arbeidsmåtene forskere innen naturvitenskap bruker (Wells et al., 1995). Erickson (2006) påpeker at nettopp fordi empirisk-matematisk modellering er likt arbeidsmetoder som brukes mye innen forskning og fordi det å forholde seg til data er viktig for alle som ønsker å være deltakende samfunnsborgere er det hensiktsmessig å bruke modellering i undervisningen. Videre skriver han at dataanalyse og modellering i seg selv er viktige ferdigheter for elevene.

2.6 Fysikkutdanning for det 21. århundret (FYS 21)

Denne materoppgaven er knyttet til forskningsprosjektet Fysikkutdanning for det 21. århundre (FYS 21). Noe av bakgrunnen for FYS 21 var forskningsprosjektet Fysikkutdanning i Norge (FUN). Prosjektet viste at fysikkelevne i videregående skole er positive både til faget og undervisningen, men de har en svak forståelse for rollen eksperimenter spiller i undervisningen og de synes faget er vanskelig og krevende (Angell et al., 2003). I Jens Dolins doktoravhandling hevder han at en av grunnene til at fysikkfaget oppfattes som vanskelig er at elevene må kunne håndtere så mange forskjellige representasjonsformer samtidig (Dolin, 2002). Hensikten med FYS 21 var å se videre på både resultatene fra FUN-undersøkelsen og noen av de aspektene Dolin trakk frem om hva som gjør fysikk vanskelig.

Hoveddelen av FYS 21-prosjektet konsentrerte seg om elever som fulgte undervisningen i 2FY. Denne masteroppgaven konsentrerer seg om elever som følger undervisningen i 3FY.

2.6.1 FYS 21-prosjektet

FYS 21-prosjektet ble startet av Skolelaboratoriet i fysikk på Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo i 2003. Prosjektet var ment som et curriculum prosjekt med forskningsspørsmålet: ”Hvilke teoretiske begrunnelser kan og bør ligge til grunn for et modelleringsbasert fysikkfag, og hvilke typer læring og forståelse ønsker vi skal utvikles?” (Angell et al., 2007, p. 87). Det teoretisk grunnlaget ble operasjonalisert i undervisningsstrategier for 2FY som ble prøvd ut i samarbeid med nesten 20 fysikklærere ved 10 forskjellige skoler på Østlandet og i Trøndelag. Disse strategiene ble satt sammen til et undervisningsopplegg for fysikk i andreklasser på videregående skole som ble fulgt av seks skoler, 289 elever og 13 lærere skoleåret 2005/2006.

Undervisningsopplegget hadde fokus på empirisk-matematisk modellering og vitenskapelig arbeids- og tenkemåte. Klassene som deltok på prosjektet fulgte den normale læreplanen i fysikk, men delen om termofysikk var tatt ut for å få mer tid til å arbeide med modellering. Det var ikke meningen at prosjektet skulle undervises som en egen del. Modellering og vitenskapelige arbeids- og tenkemåter skulle gjennomsyre hele undervisningen i alle tema (Angell et al., 2008b). Spesielt var det fokus på modellering i forbindelse med temaene kraft og bevegelse.

Som en utvidelse av FYS 21-prosjektet ble det i forbindelse med denne masteroppgaven utviklet to elevforsøk med empirisk-matematisk modellering til bruk i tredjeklasse fysikk i videregående skole. Disse forsøkene ble testet ut i lag med 3 klasser på to forskjellige skoler i østlandsområdet skoleåret 2006/2007. Disse klassene var blant de som fulgte FYS 21-undervisningsopplegget skoleåret 2005/2006. Totalt deltok det 3 lærere og 63 elever på denne utvidelsen av prosjektet.

2.6.2 Teorien bak FYS 21

Det bærende elementet i FYS 21-prosjektet var empirisk-matematisk modellering. Begrunnelsen for dette var et ønske om å vise at fysikk i stor grad dreier seg om å lage matematiske modeller av virkeligheten. Fordi det å utvikle, teste og bruke modeller blir stadig viktigere i vitenskapsfaget fysikk, burde dette også gjenspeiles i skolefaget (Angell et al., 2007). Et annet viktig poeng med å fokusere på modellering var at både modeller og modellering kan være gode hjelpemidler både for dem som skal lære og for dem som skal undervise fysikk (Angell et al., 2007).

I prosjektet ble det utviklet og prøvd ut undervisningsopplegg som vektla at elevene skulle jobbe med forskjellige representasjonsformer når de gjorde forsøk og konstruerte matematiske modeller for fenomenet de hadde studert. Det ble også fokusert på bruk av representasjonsformer når elevene skulle vurdere de matematiske modellene de hadde kommet frem til (Angell et al., 2007). Argumentet for å ha spesiell oppmerksomhet på representasjonsformer var en hypotese om at elevene ville bli flinkere i fysikk dersom de jobbet med overgangene mellom flere forskjellige måter å representere fysiske resultater på (Guttersrud, 2007).

I FYS 21-prosjektet ble det antatt at en konsekvens av et undervisningsopplegg som vektla modelleringsaspektet i fysikk ville være at elevene fikk et bilde av fysikkfagets natur som et fag basert på modeller og at elevene ville utvikle ferdigheter innen modellering og tolkning av modeller (Angell et al., 2008b). Angell et al (2008b) påpeker at dersom elevene skal bli

kompetente til å jobbe med modellering, trenger de øvelse innen resonnering. Det har vist seg at vitenskapelig resonnering på grunnlag av empiriske data er spesielt vanskelig for elevene og at det er overgangen mellom empiri og teori som gjør det problematisk (Angell et al., 2008b).

En av konklusjonene som har kommet etter gjennomføringen av FYS 21-prosjektet i 2FY er at elevenes forståelse av *nature of science*, deres læringsstrategier og deres evne til å håndtere flere representasjonsformer ser ut til å gjensidig styrke hverandre (Guttersrud, 2007).

3 Utviklingen av forsøkene

En sentral del av denne masteroppgaven var utvikling av to forsøkene med empirisk-matematisk modellering. Disse forsøkene danner bakteppet for alle de andre resultatene som kom ut av denne undersøkelsen.

3.1 Kriterier for forsøkene

Arbeidet med utvikling av forsøkene startet med å sette opp noen kriterier for hva disse forsøkene skulle inneholde. Det var tidlig klart at det skulle bli to forsøk. Det første ble gjennomført på høsten mens det neste ble gjennomført tidlig på våren.

Dermed ble et av kriteriene til forsøkene at tema for det første skulle passe med pensum undervist nokså tidlig på høsten i 3FY. Temaet for det andre forsøket skulle passe med pensumet som ble undervist tidlig på våren.

Klassene som deltok i prosjektet, var det siste kullet til å følge læreplanen for videregående opplæring fra 1994. For at forsøkene skulle være aktuelle for disse klassene, men samtidig også kunne brukes i fremtiden, ble det neste kriteriet for forsøkene at de skulle være tilpasset både den gamle og den nye læreplanen.

Målsetningen for masteroppgaven er relatert til empirisk-matematisk modellering. Det ble naturligvis et kriterium at forsøkene skulle bygge på denne arbeidsmetoden.

Av hensyn til at en av datakildene skulle være observasjon av elevene mens de jobbet med forsøkene ble det satt som et mål at forsøkene skulle være korte. Ved begge skolene som deltok i undersøkelsen, ble det satt av en 90 minutters økt til hver av elevøvelsene. Den praktiske og den teoretiske delen av hvert av forsøkene måtte samlet ikke ta lengre tid enn disse tilmålte 90 minuttene.

Tidligere undersøkelser har vist at dersom elevene må benytte seg av teknisk utstyr som de ikke har kjennskap til på forhånd, vil utstyret lede til tap av forståelse. Dette kan igjen føre til at elevene ikke skjønner hva forsøket egentlig gikk ut på (Hodson, 1993; Séré, 2002).

"Many children struggle to set up complex apparatus and have 'done enough' before the conceptually significant part of the activity has got underway."(Hodson, 1993)

På bakgrunn av dette ble det satt opp som et kriterium at utstyret som ble brukt i de to forsøkene skulle være så enkelt som mulig.

Siden undersøkelsen handlet om elever i 3. klasse, var det et poeng at temaene som ble tatt opp i eksperimentene skulle knytte seg til tema som fantes i 3. klasse pensum, men som de ikke allerede hadde god kjennskap til fra 2. klasse.

For å passe på at forsøkene ikke ble for enkle, ble det satt som et krav at minst et av forsøkene omhandlet en ikke-lineær sammenheng.

3.2 Valg av tema til forsøkene

Siden det var satt opp omtrentlige tidspunkter for gjennomføring av forsøkene, ble tema delvis bestemt ut i fra hva det var forventet at klassene hadde kommet til i pensum på det tidspunktet hvert av forsøkene skulle gjennomføres. Ut i fra hvordan alle bøkene som ble brukt i 3FY undervisningen var lagt opp, ble innholdet i det første forsøket nødt til å være relatert til mekanikk. Ved valg av tema til det andre forsøket var valgfriheten større. Elevene hadde i månedsskiftet januar februar kommet gjennom en betydelig større del av pensum enn de hadde i oktober. Siden et av kriteriene for forsøkene var at de skulle passe inn i det elevene holdt på med da forsøkene ble gjennomført, ble elektrisitet og magnetisme valgt som tema for den andre elevøvelsen. Her var det også et poeng at lærerne som deltok i implementeringa av FYS 21-prosjektet i 2FY sa i en spørreundersøkelse at de syntes det var vanskelig å holde fokus på modelleringen i andre tema enn mekanikk (Angell, Kind, Henriksen, & Guttersrud, 2008a). Det var derfor sentralt at minst et av forsøkene handlet om noe annet enn nettopp mekanikk.

3.2.1 Tema til forsøket ”Horisontale kast fra en bøtte”

Mekanikk er et populært tema for utvikling av forsøk. Her fins det gode forsøk for å vise de aller fleste fenomener. Det ble brukt mye tid på å finne et passende forsøk som dreide seg om bevaring av energi i støt. Det var imidlertid vanskelig å illustrere dette fenomenet i modelleringsøvelser uten at målingene ble for unøyaktige til at det egentlig var mulig å si noe som helst om fenomenet. Etter mye prøving og mest feiling ble temaet forlatt til fordel for en oppgave om vann som renner ut av hull langs siden på en bøtte. Varianter av oppgaven har figurert i lærebøker og en variant av oppgaven har også vært gitt i TIMSS. Oppgaven baserer seg på ordinær mekanikk i form av horisontale kast kombinert med fluid mekanikk.

Undersøkelser fra Frankrike og Hellas har vist at væskers bevegelse under påvirkning av gravitasjon er et problematisk tema i fysikkundervisningen (Kariotogloy, Psillos, & Vallasiades, 1990; Viennot, 2003). Det er ingen grunn til å tro at norske elever er bedre på dette enn franske og greske. Det kunne derfor være hensiktsmessig med et forsøk som lot elevene jobbe litt med dette. Fordi forsøket var et modelleringsforsøk, var det sannsynlig at elevene ville få en klarere forståelse av fenomenet (Wells et al., 1995).

Samtidig som væskers bevegelse under påvirkning av gravitasjon er et vanskelig tema, tilsa de gode resultatene på TIMSS oppgaven, som forsøket bygger på, at denne måten å stille spørsmålet på gjorde at elevene hadde få problemer med å komme frem til et riktig eller delvis riktig svar. Det ble derfor et mål å lage en modelleringsøvelse innenfor dette området som forhåpentligvis ville være like enkel for elevene å forstå som TIMSS oppgaven hadde vært.

3.2.2 Tema for forsøket ”Kraften på en strømførende leder i et magnetfelt”

Det var tidlig klart at det andre forsøk skulle handle om elektrisitet. Etter å ha vurdert noen alternativer som omhandlet ledningsevne ble det besluttet at kraft på en leder i et magnetfelt var et tema som både passet godt inn i pensumet klassene arbeidet med og til empirisk-matematisk modellering.

En fransk undersøkelse fra 2001 viste at studenter hadde en veldig fragmentert forståelse av elektrisitet og magnetisme. Elevene hadde spesielt problemer med å koble de matematiske uttrykkene innen feltet med de fysiske tolkningene av disse uttrykkene (Albe et al., 2001;

Saglam & Millar, 2006). Andre undersøkelser har vist at både elever og lærere oppfatter elektromagnetisme som et av de vanskelige temaene i pensum (Maloney, O'Kuma, Hieggelke, & Heuvelen, 2001; Saglam & Millar, 2006).

Det har vært gjort veldig lite forskning på hvordan elever forstår elektromagnetisme (Saglam & Millar, 2006). For å tilføre dette feltet litt mer data ville det derfor være fornuftig å velge det som tema for en av elevøvelsene. Resultater fra tidligere forskning på elevers oppfattelse av elektromagnetisme peker i retning av at det er behov for å utvikle flere undervisningsstrategier om temaet. Visualisering av magnetfelt og deres effekt ville være særlig aktuelt (Saglam & Millar, 2006). En annen undersøkelse avdekket at elevene hadde problemer hva som påvirket kraften som virket på en leder i et magnetfelt (Maloney et al., 2001). Å utvikle et undervisningsopplegg med empirisk-matematisk modellering om elektromagnetisme i form av induksjon vil kunne bidra til at elevene får en bedre forståelse for hvordan magnetfeltet påvirker et system og hvordan endringer av noen av komponentene i oppsettet vil føre til endringer i resultatet.

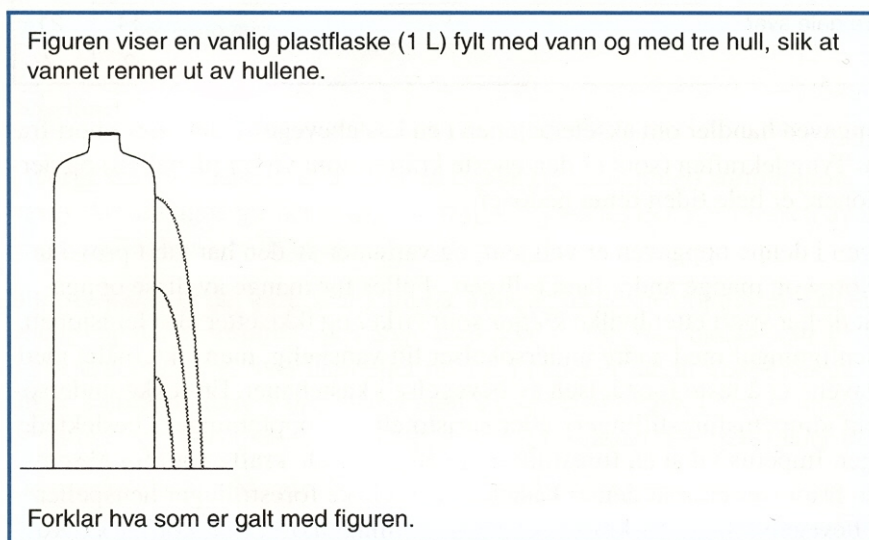
3.3 Utvikling av forsøkene

Elevøvelsene ble utviklet ved å studere læreplanene og bla i gamle lærebøker i et forsøk på å finne noen oppgaver som kunne egne seg godt til empirisk-matematisk modellering.

3.3.1 Utvikling av forsøket "Horisontale kast fra en bøtte"

Som nevnt var temaet for dette forsøket basert på en oppgave som blant annet ble brukt i TIMSS i 1995 (Figur 3.1)(Angell et al., 1999, p. 124). Oppgaven ville med litt omskriving og videreutvikling passe fint som en modelleringsoppgave. Tanken bak forsøket var et ønske om å kunne bruke vannstråler som rant ut av siden på en bøtte til å lage en øvelse som kombinerte fluidmekanikk og horisontale kast.

Oppgave G16



Figur 3.1

I TIMSS 1995 svarer hele 83 % av de norske elevene delvis riktig eller helt riktig på denne oppgaven (Angell et al., 1999). Oppgaven, slik som den er fremstilt her, kan derfor antas å ikke være spesielt vanskelig.

Slik dette forsøket ble satt opp ble flasken byttet ut med en ordinær ti liters plastbøtte hvor det ble boret åtte like store hull jevnt fordelt ned langs siden. Det var flere grunner til at vi valgte å bruke helt vanlige plastbøtter. Bøttene er billige og enkle å få tak i, plasten i bøttene er mykere enn plasten som brukes i for eksempel brusflasker, så det var enkelt å borre like hull ved hjelp av en husholdningsdrill og bøttene er betydelig lettere å fylle enn plastflasker. Bøttene er nokså vide. Dette fører til at selv om det slippes ut litt vann i forbindelse med målingen av hver stråle vil vannstanden i bøtta endre seg relativt lite. Det er dermed ikke så viktig at eleven husker å etterfylle bøtta til enhver tid. De trenger heller ikke å passe så nøye på at de ikke fyller for mye når de etterfyller.

Oppsettet i forsøket er forklart i både lærer- og elevveiledningen (se appendiks A og B). Et bilde av oppsettet med en vannstråle som renner ut, er satt inn i figur 3.2.



Figur 3.2

Den første delen av oppgaven omhandler det samme som TIMSS oppgaven. Elevene ble bedt om å komme med en kvalifisert gjetning på hvilket av hullene som ville gi strålen med lengst horisontal utstrekning. Dette skulle de etterpå sjekke ved å fylle vann i bøtta og måle hvor langt strålene gikk.

Den empirisk-matematiske modelleringa, som utgjør hoveddelen av elevforsøket, dreier seg om å finne en matematisk modell for hvordan hastigheten til vannet ut av hullene varierer som en funksjon av avstanden til vannets overflate. Her var det meningen at elevene skulle komme frem til en modell som passet til deres måleresultater og som de kunne forsvare som en sannsynlig modell for hvordan hastigheten til vannet ville oppføre seg også utenfor området for målepunktene.

Med ideelle målinger er sammenhengen mellom vannets hastighet ut av hullet og avstanden til vannflata en forenkling av Bernoullis ligning som kalles Torricellis lov. Denne loven sier at: "Farten til en vannstråle fra et hull i en full beholder er den samme som en væskedråpe ville hatt hvis den falt fritt fra væskeoverflaten og ned til utstrømningshullet." (naturfag.no, 2008). Det var imidlertid ikke noe krav at elevene skulle komme frem til akkurat denne modellen.

Forutsatt at elevene fikk noenlunde nøyaktige målepunkter ville den beste modellen være en kvadratrotfunksjon. Det ble antatt at dette kunne være litt vanskelig for elevene. For å gjøre dette lettere, ble formelen for farten til en gjenstand som faller fritt i tyngdefeltet, skrevet inn i elevveiledningen til oppgaven. Elevene ble oppfordret til å sjekke om det kunne stemme at hastigheten til vannet ut av hullet var den samme som for en gjenstand som hadde falt fritt fra vannflata og ned til utgangshullet (se appendiks A). Et annet tiltak for å gjøre oppgaven lettere blir foreslått av Erickson (2006). Han påpeker at ved å omforme koordinataksene for på den måten å lineærisere grafene vil det være lettere å se hvilken modell som passer best. Med bakgrunn i dette ble det i lærerveiledningen tipset om å oppfordre elevene til å bruke kvadratrot av høyden i stedet for høyden langs x-aksen (se appendiks B).

3.3.2 Utvikling av forsøket "Kraften på en strømførende leder i et magnetfelt"

Utgangspunktet for forsøket var et forsøk med en spesiallaget innretning som kalles strømvekt (KPT-naturfag, 2008). Denne strømvekten består av en sammensetning av magneter som er konstruert slik at de har en smal spalte med et tilnærmet homogent magnetfelt og flere plastbrett med ledere i forskjellige lengder som passer inn i magnetfeltet. Ved å sette magnetdelen på en meget følsom vekt, kan elevene se at utslaget på vekten endrer seg når de bytter plastplatene og på den måten varierer lengden til lederen.

Utstyret som allerede var utviklet til dette forsøket, viste seg raskt å være mindre egnet til en elevøvelse med empirisk-matematisk modellering. Dette skyltes at det var nokså få plater med ledere som passet inn i magnetfeltet. Det ville altså bli for få målepunkter til å lage den matematiske modellen. Det var også et problem at lederne var ganske korte. Korte ledere ville føre til en liten kraft, som igjen ville stille store krav til nøyaktigheten på vekta vi skulle bruke.

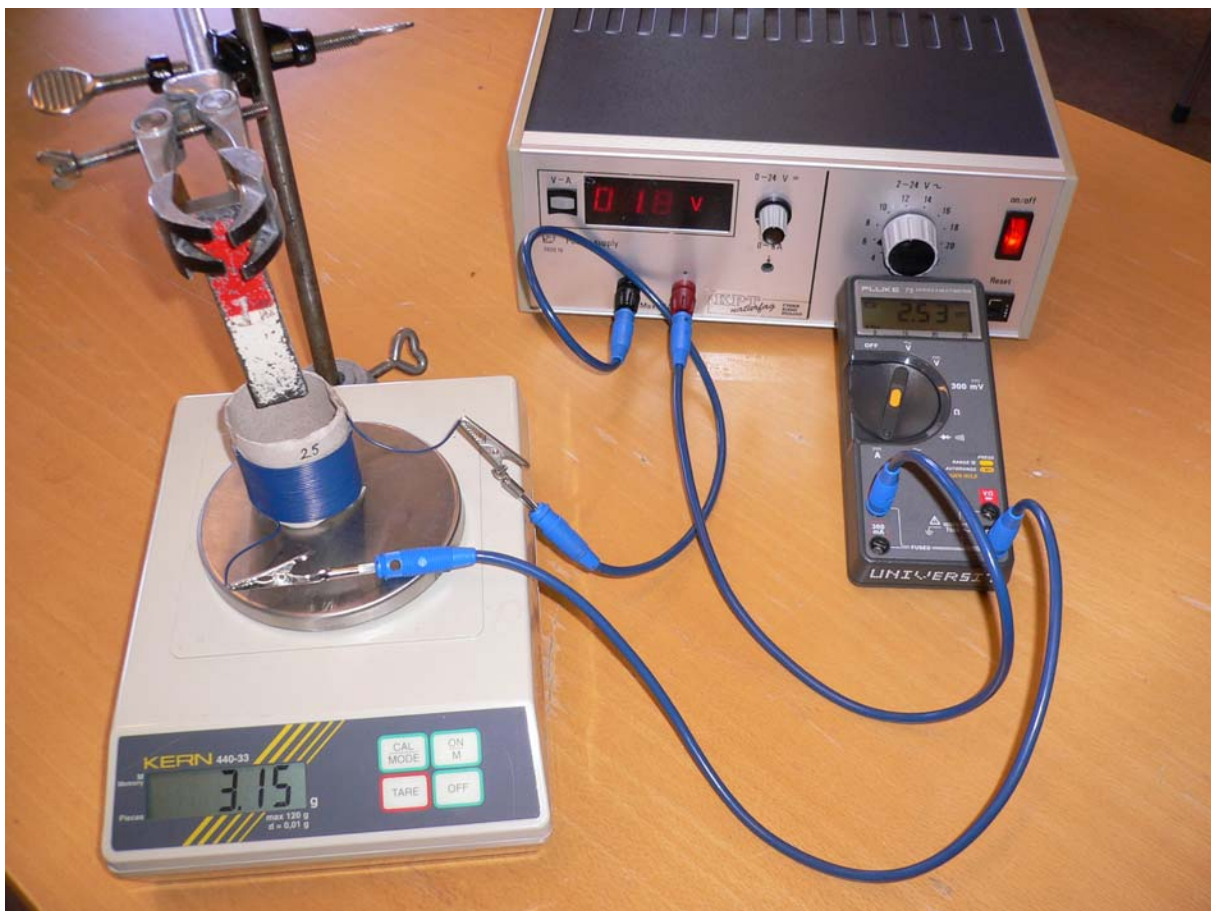
Siden det er en lineær sammenheng mellom kraften på en leder i et magnetfelt og lengden til denne lederen, ble det betraktet som litt for enkelt hvis dette var hele den matematiske modellen elevene skulle komme frem til. Følgelig ble det besluttet at forsøket også skulle se på hva som skjedde når elevene varierte strømmen gjennom en leder i et magnetfelt.

Det var meningen at elevene skulle sette sammen uttrykket de fant for sammenhengen mellom kraften på lederen og lederens lengde med sammenhengen de fant mellom kraften på lederen og strømmen gjennom den. På denne måten skulle de komme frem til et samlet uttrykk for kraften på en leder i et magnetfelt. Selve magnetfeltet ble forsøkt holdt konstant gjennom hele forsøket. Det viste seg at denne utvidelsen gjorde det umulig å bruke utstyret som allerede var laget til strømvektforsøket. Lederne som hørte til dette forsøket, var tilpasset så lave strømstyrker at det ikke lot seg gjøre å se noen forskjell i kraften når vi forsøkte å variere strømmen.

Sånn elevøvelsen utviklet seg, kunne vi også forsøkt å holde strømmen og antallet vindinger på spolen konstant og sett på hva som skjedde med kraften når vi byttet mellom forskjellige

magneter. Dette ble ikke gjort, fordi det var problematisk å måle en nøyaktig styrke på magnetene. Det ville også ført til at forsøket tok litt for lang tid. En annen grunn til å la magnetfeltet være konstant er at forskning på elevens oppfattelse av elektromagnetisme har vist at elever har signifikant større problemer med magnetisme enn de har med elektrisitet (Maloney et al., 2001). Ved å la elevene manipulere strømmen og lengden på lederen, ville de forhåpentligvis føle seg på litt tryggere grunn enn dersom de skulle ha manipulert magnetfeltet.

I stedet for strømvekten ble det brukt spoler laget av en middels tynn isolert leder tvinnet rundt en dorullkjerne. For å få magnetfeltet til å virke så likt som mulig på alle vindingene på spolene, ble en stavmagnet hengt opp i et stativ slik at den hang ned i sentrum av spolen. En nærmere beskrivelse av dette er gitt i elev- og lærerveiledningene til dette forsøket (se henholdsvis appendiks C og D). Et bilde av oppsettet er gitt i figur 3.3



Figur 3.3

Opprinnelig var tanken at elevene skulle få lage sine egne spoler og selv få velge hvor mange vindinger de ville bruke. Med dette som utgangspunkt var det hensiktsmessig å velge materialer som var billige og enkle å få tak i for skolene. Dorullkjerner ble derfor valgt som materiale til å tvinne lederne rundt. Det viste seg imidlertid at det tok forholdsvis lang tid å produsere spolene. Siden denne delen av øvelsen ikke var direkte relevant for selve fysikken i forsøket, ble det klart at spolene måtte vært ferdigproduserte på forhånd.

I arbeidet med å lage, spolene viste det seg å være svært nødvendig å bruke en ordentlig isolert leder. Forsøk med uisolerte ledere og ledere som var tynt isolert førte til at

dorullkjernene tok fyr. Det samme var tilfellet ved bruk av veldig tynne ledere. Lederen som ble brukt i dette forsøket hadde et tverrsnittsareal på $0,22\text{mm}^2$.

3.3.3 Forsøkernes hensikt

I målsetningen til denne masteroppgaven er det slått fast at det å lage matematiske modeller for de to fenomenene som ble undersøkt var en viktig del av hensikten til forsøkene. I tillegg har forsøkene til formål å belyse de fenomenene forsøkene omhandler.

Som tidligere nevnt, er hva elevene synes om et forsøk knyttet til om elevene har forstått hva målet med forsøket er (Hodson, 1993). Det var derfor naturlig å sette inn et avsnitt om hensikten med forsøkene i de to elevveiledningene. (se appendiks A og C). I begge elevveiledningene er det tydelig at hovedhensikten med forsøket er å konstruere en matematisk modell. Samtidig er disse matematiske modellene sterkt knyttet til de fysiske fenomenene forsøkene omhandler, poenget med elevøvelsene må følgelig være å se på fysiske sammenhenger og egenskaper i disse konkrete fenomenene.

I lærerveiledningene (se appendiks B og D) er det i avsnittet om hensikten med forsøkene presisert hvilke deler av forsøket det skal fokuseres på. Å komme frem til de matematiske modellene er helt tydelig det viktigste, men her er dette delt opp i litt mer konkrete trinn i arbeidsmetoden som elevene skal lære.

3.3.4 Læreplanmål knyttet til forsøkene

Med utgangspunkt i at et av kriteriene for forsøkene som ble utviklet, var at de skulle kunne brukes både før og etter innføringen av Kunnskapsløftet, er begge forsøkene laget for å dekke flere læreplanmål både i den nye og i den gamle læreplanen i fysikk.

Felles for begge forsøkene er at de skal ivareta noen læreplanmål som går på generell forståelse av fysikk, modeller og fremgangsmåter i forbindelse med forsøk. I læreplanen fra 1994 er det følgende punkter:

- *Mål 1a: Elevene skal ha oversikt over og kunne bruke fysikkens fundamentale begreper og lover.*
- *Mål 1b: Elevene skal kjenne eksempler på bruk av modeller og hvordan de blir brukt til å beskrive ulike fenomener.*
- *Mål 2a: Elevene skal kunne utføre eksperimenter innen ulike områder av faget.*
- *Mål 2d: Elevene skal kunne observere, tolke og presentere måleresultater på ulike måter.*
- *Mål 2e: Elevene skal kunne vurdere usikkerhet og feilkilder, og gjøre enkle usikkerhetsberegninger.*

I den nye læreplanen er læreplanmålene, som er felles for de to forsøkene, følgende:

”Den unge forskeren”:

- *Gjennomføre relevante forsøk innen de forskjellige hovedområdene, med og uten digitale verktøy*
- *Anslå usikkerheten i innsamlede måledata og regne ut usikkerheten i det endelige resultatet*

- *Vurdere begrensinger i valg av metode og utstyr og foreslå forbedringer og videreutvikling av utstyr*

”Å beskrive naturen med matematikk”:

- *Analysere ulike matematiske modeller for en fysisk situasjon, med og uten digitale verktøy, og vurdere hvilken modell som beskriver situasjonen best.*

Forsøket med vann som rant ut fra siden av en bøtte skulle i tillegg dekke læreplanmål 4 i læreplanen fra 1994; ”Elevene skal ha grunnleggende kunnskaper om krefter på vektorform og bevegelser i planet”, og underpunktet: ”Bruke Newtons lover på vektorform for bevegelse i homogene magnetiske felt og homogent gravitasjonsfelt” fra hovedområdet ”Klassisk fysikk” i den nye læreplanen.

Forsøket som så på kraften på en strømførende leder i et magnetfelt skulle i tillegg til de felles målene også dekke mål 3c i læreplanen fra 1994; ”Elevene skal kunne gjøre rede for og gjøre beregninger med magnetisk flukstetthet og kraft på ladde partikler og strømførende ledere i homogene magnetfelt”. I den nye læreplanen skulle denne øvelsen dekke underpunktet: ”Beskrive magnetiske felt rundt permanentmagneter og elektriske strømmer, og beregne magnetisk flukstetthet rundt en rett leder og kraft på en leder i magnetisk felt”, fra hovedområdet ”Klassisk fysikk”.

For å gjøre undervisningsoppleggene med disse forsøkene så enkle som mulig for lærere å bruke, er alle læreplanmålene lagt inn i lærerveiledningene (appendiks B og D).

3.3.5 De forventede resultatene

I og med at hensikten med forsøkene er at elevene skal komme frem til matematiske modeller for fenomenene de skal observere er de forventede resultatene nettopp disse modellene.

I forsøket med vann som rant ut av hull langs siden på en bøtte var det antatt at elevene skulle klare å gjette seg frem til hvilket hull som ville gi den lengste strålen og at de etterpå skulle verifisere sine egne gjett ut i fra målingene. Det var også forventet at elevene skulle få til å bruke målingene av hvor langt de forskjellige strålene gikk til å finne utgangshastigheten til vannet fra de forskjellige hullene. Disse hastighetene skulle de lage en graf av. Hastigheten ble tegnet som en funksjon av avstanden fra vannflata (se appendiks B). Ved hjelp av grafen kunne elevene resonnerer seg frem til Torricellis lov; $v = \sqrt{2gh}$, eller eventuelt en annen modell som de kunne begrunne ut i fra målingene sine. En fullstendig gjennomgang av de mulige resultatene og utledningene frem mot dem, samt grafene, er gitt i appendiks B.

I forsøket om kraften på en strømførende leder i et magnetfelt var det sannsynlig at elevene skulle finne lineære sammenhenger mellom kraften og lengden på lederen og mellom kraften og strømmen gjennom lederen. At disse sammenhengene var lineære, skulle elevene se ut i fra grafene de skulle sette opp (se appendiks D). Disse to lineære uttrykkene skulle kombineres, slik at det endelige resultatet ble et uttrykk som var proporsjonalt både med lengden til lederen, strømmen gjennom den og en konstant som elevene forhåpentligvis skulle komme frem til at måtte ha noe med magnetfeltet å gjøre. Grupper som fikk til en god modell, ville kanskje kjenne igjen en formel for kraften på en strømførende leder som de hadde lært tidligere; $F = B \cdot I \cdot l$. Også til dette forsøket er det i lærerveiledningen (se appendiks D) gitt en full gjennomgang av de fullstendige resultatene med grafer og utledninger.

3.3.6 Elev- og lærerveiledningene

I tråd med Lijnses (2000) ønske om at mer av den fysikkdidaktiske forskningen skal være direkte anvendelig for fysikklærerne, ble det til denne masteroppgaven utviklet en elevveiledning og en lærerveiledning til hvert av forsøkene (se appendiks A, B, C og D). Disse er utformet slik at de skal være et komplett opplegg for en undervisningsøkt.

Elevveiledningene inneholder de opplysningene elevene trenger for å gjennomføre forsøkene, deriblant forslag til fremgangsmåte og oppgavene de skal besvare. Tanken var at lærerne skulle dele ut elevveiledningen til forsøket i forkant slik at elevene kunne lese gjennom veiledningen før de kom til forsøket. Denne veiledningen er holdt så kort som mulig samtidig som den skulle gi litt av den nødvendige teorien og en pekepinn i retning av den matematiske modellen de skulle finne.

Lærerveiledningene inneholder all den informasjonen som ligger i elevveiledningene. I tillegg inneholder den litt tips til hint som kan gis til elever som står fast og komplett løsningsforslag til alle de forskjellige oppgavene i forsøkene. I løsningsforslaget er det lagt inn resultater og grafer fra en testgjennomgang av forsøket slik at lærerne har en ide om hvilke resultater som kan forventes.

4 Metode

Metoden brukt for innsamling av data er valgt ut i fra Kvaales råd:

”Hvis problemstillingen berører underforståtte meninger og stilltiende oppfatninger, som en gruppe eller kulturs stilltiende antagelser, vil deltakende observasjon og feltstudier av disse menneskenes faktiske atferd, kombinert med uformelle intervjuer, være den metoden som gir mest holdbare resultater.”(Kvale, 1997, p. 61)

Også Robson argumenterer for at observasjon bør følges opp med uformelle intervjuer eller diskusjoner med de som ble observert (Robson, 2002). Følgelig er datagrunnlaget i denne undersøkelsen observasjoner gjort mens elevene jobbet med forsøk med empirisk-matematisk modellering og uformelle intervjuer gjort rett etter elevene hadde gjort forsøk.

I tillegg til observasjon og intervjuer består datagrunnelaget av rapportene noen av elevgruppene leverte inn etter forsøket.

De uformelle intervjuene ble holdt som fokusgrupper. Fokusgrupper er i følge Morgan (1998a) en egnet kilde til forskningsdata dersom noe av hensikten med undersøkelsen er å utforske deltakernes tanker og erfaringer og finne ut hvorfor de gjør som de gjør.

Våren 2006 ble det gjennomført en pilotundersøkelse hvor en av klassene som deltok i FYS 21-prosjektet ble observert mens de gjennomførte et elevforsøk. En av gruppene som jobbet i lag på forsøket ble intervjuet med en intervjuguide som var nokså lik intervjuguiden som ble brukt i denne undersøkelsen. Pilotstudien førte til noen mindre endringer på intervjuguiden.

4.1 Om forsøkene

Observasjonen og intervjuene tar utgangspunkt i de to forsøkene med empirisk-matematisk modellering som ble utviklet.

4.1.1 Utvelgelse av deltakerklasser

I planleggingen av denne studien var det tidlig klart at det bare var tid til å jobbe med noen få klasser. Siden studien skal være en videreførelse av det mye større FYS 21-prosjektet, ble deltakerklassene valgt på bakgrunn av at de var klasser som hadde deltatt aktivt i FYS 21-prosjektet. Et annet kriterium for at disse klassene ble valgt, var at de geografisk befant seg tilstrekkelig nært Oslo slik at det ikke ble problematisk å reise ut til skolene flere ganger i forbindelse med observasjon av forsøkene og gjennomføring av intervjuene.

Klassene som deltok, fulgte læreplanen fra 1994, men siden de hadde deltatt på FYS 21-prosjektet, ble de fritatt for noen emner i 2FY pensum for å få bedre tid til å jobbe med empirisk-matematisk modellering og vitenskapelige arbeidsmetoder. I 3FY fulgte de den ordinære læreplanen.

Valget av klasser gjør at resultatene ikke vil være generaliserbare. Til det er det for få klasser med i undersøkelsen, og det er grunn til å tro at lærere som er spesielt engasjerte i et prosjekt, vil yte mer enn andre lærere. Resultatene som kommer frem i disse klassene, er dermed ikke nødvendigvis representativt for hva vi ville fått i en tilfeldig valgt klasse. Samtidig er det i en undersøkelse som er så begrenset som denne umulig å ha med et representativt utvalg av

norske fysikklasser. Ved å bruke engasjerte og motiverte lærere, kunne vi få en idé om hvordan et undervisningsopplegg kan fungere. Hvordan det faktisk fungerer hvis det prøves det ut på alle skoler, er det svært vanskelig å si noe om.

4.1.2 Tidspunkt for forsøkene

Forsøket med horisontale kast fra bømme ble gjennomført medio oktober 2006, mens forsøket om kraften på en leder i et magnetfelt ble gjennomført i månedsskiftet januar - februar 2007. Tidspunktene var valgt ut i fra at elevene jobbet med tema knyttet til det aktuelle forsøket på tiden da forsøkene ble gjennomført.

4.2 Observasjon

Hensikten med å bruke observasjon som en av datakildene var å studere elevene mens de gjennomførte forsøket for å se hvordan de løste oppgavene. Et av målene med observasjonen var å se hvordan gruppene gikk til verks praktisk og hvordan de diskuterte seg frem til mulige løsninger på problemene.

I løpet av observasjonen ble det fulgt ekstra godt med gruppene som skulle intervjues etter at forsøket var ferdig. Dette ble gjort for å fange opp samtaler og fremgangsmåter som kunne være interessante i forbindelse med de påfølgende intervjuene. Å studere gruppene som skulle intervjues ekstra godt, gav også mulighet til å sammenligne hva gruppene faktisk gjorde med hva de sa de gjorde i intervjuet.

4.2.1 Observasjonsform

Robson (2002) påpeker at observasjon ofte brukes i en oppdagende fase av studiet. Vanligvis i en ustrukturert form for å forsøke å finne ut hva som egentlig skjer i en situasjon før det fortsettes med videre studier av situasjonen. Til denne typen observasjon anbefaler han en "ikke-påtrengende observasjon". Observasjonsformen som ble brukt i denne studien ligger i grenselandet mellom Robsons (2002) "ikke-påtrengende observasjon" og "deltakende observasjon". Etter at elevene var informert om forsøket de skulle gjennomføre og hensikten med undersøkelsen, startet observasjonen. Observasjonen ble utført ved at observatøren vekslet mellom å gå rundt i klasserommet og å hjelpe grupper som ba om det. I løpet av observasjonen ble det ført stikkordsmessige notater.

4.3 Intervjuene

4.3.1 Intervjuguiden

Fokusgruppeintervjuene som ble holdt, var ment til å være korte og uformelle intervjuer som skulle gjøres kort tid etter at elevene hadde gjennomført forsøkene. I intervjuguiden (appendiks E) ble det tatt høyde for at det kunne gå noen dager mellom forsøket og intervjuet, men alle intervjuene ble gjennomført rett etter forsøkene.

Intervjuene var planlagt utført i en uformell stil og det var satt av lite tid til hvert intervju. Innledningen til intervjuene ble derfor holdt på et minimum. I utgangspunktet hadde alle elevene som deltok, allerede vært med på FYS 21-prosjektet, og siden denne undersøkelsen bare er en liten fortsettelse på det, var det ikke hensiktsmessig å bruke mye tid på en formell introduksjon. Det ble imidlertid forklart helt kort hva intervjustudien skulle brukes til og hentet inn muntlig samtykke til å ta opp intervjuene på kassett.

Gruppene som ble intervjuet, hadde selv valgt å jobbe i lag på forsøket. Det ble derfor antatt at elevene kjente hverandre godt. På grunn av dette ble det ikke lagt opp til noen presentasjonsrunde for deltakerne på intervjuet.

4.3.2 Intervjuets struktur

Utformingen av intervjuet er basert på Robsons (2002) forslag til oppbygging av et semistrukturert intervju. Intervjuet startet med en kort introduksjon av moderator og hensikten med intervjuet. De to første spørsmålene var ment som en kort oppvarming før den delen av intervjuet som skulle gi svar på forskningsspørsmålene. De to siste spørsmålene i intervjuguiden kan sees på som en slags "cool-off" på slutten med spørsmål som burde være nokså upersonlige for elevene. Etter det siste spørsmålet ble situasjonen sett an ut i fra hvor utålmodige elevene var og hvor mye tid som gjenstod. Dersom det var tid til det, ble elevene gitt mulighet til å tilføye ting de ikke hadde blitt spurt om i intervjuet.

Siden intervjuene var ment til å være korte, var det aldri meningen å stille alle delspørsmålene som er satt opp i intervjuguiden (appendiks E). De 14 hovedspørsmålene ble stilt i alle intervjuene. Alle underspørsmålene var ment for å få samtalen i gang dersom svaret på hovedspørsmålet var mangelfullt eller ingen ville svare på det. Spørsmålene i intervjuguiden er skrevet i fulltekst, men avviker likevel noe fra hvordan spørsmålene ble stilt på intervjuene. Grunnene til dette var at intervjuet ble forsøkt holdt i en tone så nært som mulig en samtale eller diskusjon. Dette var lettere å gjøre når spørsmålene ble tilpasset muntlig språk og situasjonen de ble stilt i.

4.3.3 Begrunnelsen for spørsmålene

Intervjuguiden som ble brukt i alle de åtte fokusgruppene er satt inn i appendiks E. De to første spørsmålene i intervjuet dreide seg om hva elevene syntes om fysikk og forsøk og var ment som en introduksjon. Disse spørsmålene kan kategoriseres som dynamiske (Kvale, 2006). Her var hovedhensikten å ufarliggjøre intervjusituasjonen ved å spørre om noe alle elevene følte at de kunne si noe om. Et annet formål med disse to spørsmålene var å få vite noe om elevenes generelle holdning til faget fysikk og det å gjøre forsøk. Svarene på disse to spørsmålene ville være avgjørende for hvilke svar som kunne forventes på resten av intervjuet og ikke minst for hvordan svarene videre i intervjuet skulle tolkes. Elever som ikke likte å gjøre forsøk i det hele tatt, ville sannsynligvis være mer negative til modelleringsforsøk enn elever som syntes forsøk var det beste med fysikkfaget.

Etter oppvarmingen var det to bolker med tematiske spørsmål (Kvale, 2006) som hadde til hensikt å belyse forskningsspørsmålene. Den første bolken handlet om forsøket elevene akkurat hadde gjennomført. Spørsmål 3 hadde til hensikt å få elevenes umiddelbare reaksjon på øvelsen. Svaret på dette spørsmålet skulle gi en pekepinn på hvordan de hadde opplevd eksperimentet og hva de syntes om det. Spørsmålet etter prøver å gi et innblikk i hvordan elevene tolket oppgaven. Ved å fortelle hva de selv gjorde redegjorde de indirekte for hva de trodde det var meningen at de skulle gjøre.

I spørsmål 5 og 6 er målet å finne ut hvordan elevene tenkte når de valgte løsningsstrategien, og hvorfor de valgte denne strategien. Dette følges opp i spørsmål 7 hvor elevene blir spurt om de i "etterpåkløkskapsens lys" ville valgt en annen fremgangsmåte. Nettopp hvordan elevene tenkte når de løste oppgaven er sentralt i masteroppgavens målsetning. For å utdype dette ble det videre spurt om noen av elevene så andre i klassen løse oppgaven på en alternativ måte. Ved å spørre om hva de andre har gjort, gis elevene mulighet å være med å utdype

observasjonene som ble gjort i løpet av utførelsen av forsøket. Her gis elevene også sjansen til å legge frem tanker og ideer som de ellers ikke har lyst til å legge frem som sine egne.

Hensikten med spørsmål 9 var å se hvordan elevene hadde forstått fysikken i forsøket og om de var i stand til å trekke noen konklusjoner av det de hadde gjort. Begge elevforsøkene sa i klar tekst at elevene skulle lage en matematisk modell og at denne modellen selvfølgelig ville være en del av konklusjonen til forsøket. Spørsmålet hadde derfor også som formål å finne ut mer om de forskjellige modellene gruppene kom frem til.

Sentralt i arbeidet med modeller i skolen skal, det i følge læreplanen, være å lære om begrensningene og svakhetene de forskjellige modellene har. Spørsmål 10 hadde som formål å sjekke hva elevene trodde om svakhetene i den modellen de selv hadde laget. På dette spørsmålet ble det også diskutert feilkilder som oppstod i gjennomføringen av forsøket.

Det siste spørsmålet som relaterte seg direkte til forsøket elevene nettopp hadde gjort, handlet om lærerens hensikt med å gjennomføre øvelsen og hva elevene trodde læreren ville at de skulle lære ved å gjøre forsøket. Dette er interessant fordi det sier noe om hva elevene oppfatter som formålet med undervisningen.

De tre siste spørsmålene er samlet i en bolk som har å gjøre med modelleringsøvelser generelt. Spørsmål 12, som dreide seg om hva elevene syntes om modelleringsøvelser, var et meget viktig spørsmål i denne intervjuguiden. Så på dette spørsmålet ble det i alle intervjuene brukt en god del av underspørsmålene. I arbeidet med intervjuguiden kom vi frem til at det var mer hensiktsmessig å snakke om matematisk modellering i stedet for empirisk-matematisk modellering, som er et mer korrekt navn. Det viste seg i løpet av intervjuene at flere av gruppene ikke følte seg helt sikre på hva som lå i begrepet modellering. Der det var nødvendig ble dette begrepet forklart

I spørsmål 13 ble den indirekte teknikken (Kvale, 2006) med å spørre om noen vet hva de andre synes brukt igjen. Dette gir elevene mulighet til å fremme syn om modellering som de ikke har lyst til å stå for selv, enten overfor gruppa eller overfor moderatoren. Her kan elevene også uttrykke om de tror svarene de har presenter, er representative for klassen eller om de føler at resten av klassen kanskje er uenige i det de har sagt.

Avslutningsspørsmålet går inn på tema *nature of science* og har som hensikt å finne ut hvordan elevene tror forskere jobber. I utgangspunktet er dette tenkt som et enkelt og ufarlig spørsmål hvor alle skal kunne føle seg kvalifisert til å komme med meninger slik at alle skal kunne forlate intervjuet med en følelse av å ha bidratt noe til diskusjonen. Men spørsmålet er også interessant i seg selv fordi det forteller om elevene ser noen likhetstrekk mellom sitt eget arbeid og det forskerne jobber med.

4.3.4 Fokusgruppe eller gruppeintervju?

Samlebetegnelsen gruppeintervju har den siste tiden ofte blitt byttet ut med fokusgrupper. Dette på grunn av fokusgruppens popularitet, men på tross av at det er bestemte kriterier for hva som er en fokusgruppe mens gruppeintervju er en nokså løs term (Morgan, 1998a; Robson, 2002).

Gruppene som ble intervjuet, var de samme gruppene som elevene hadde vært i da de gjennomførte forsøket. Intervjuene av dem gikk dermed ikke inn i den klassiske definisjonen

av en fokusgruppe, men det viste seg at likhetstrekkene med en fokusgruppe var så mange at det likevel var mest hensiktsmessige å kalle dem det.

Intervjuene oppfyller de tre hovedkravene Morgan (1998a) setter opp for at noe skal kunne kalles en fokusgruppe. Det første kravet er at fokusgruppen blir brukt som en forskningsmetode, og at hensikten med å arrangere fokusgruppen er å samle inn data til å besvare et forskningsspørsmål (Morgan, 1998a). Det neste kriteriet er at samtalen i fokusgruppen er som navnet tilsier fokusert. Moderatoren som styrer gruppen må passe på å holde samtalen rettet på det temaet han eller hun ønsker å finne ut mer om (Morgan, 1998a). Det siste momentet er sentralt for å skille fokusgrupper fra andre typer gruppeintervjuer; deltakerne i gruppa er nødt til å diskutere med hverandre. De er nødt til å kommentere de andre deltakernes svar og snakke med hverandre i stedet for til moderatoren (Morgan, 1998a).

Intervjuene brukt her er i utgangspunktet for små og kortvarige til å kunne kalles fokusgruppeintervju. I en fokusgruppe er det anbefalt seks til ti deltakere og en varighet på en til to timer (Morgan, 1998b). Her har gruppene hatt to til fem deltakere, og alle intervjuene er kortere enn 20 minutter.

Størrelsen på gruppene var valgt ut i fra at det er en grei størrelse for grupper som skulle jobbe i lag med et elevforsøk. Det er imidlertid også et passende antall for en fokusgruppe dersom deltakerne er svært involvert i tema som skal diskuteres, dersom de kan mye om temaet eller dersom det er et mål å høre deltakernes personlige opplevelse av temaet (Morgan, 1998b).

I dette forsøket er det god grunn til å tro at elevene vil være involvert i temaet. De har akkurat jobbet med et eksperiment om det, og siden de blir spurt om sine egne meninger rundt forsøket, vil alle deltakerne ha mye kunnskap om det. Forskningsspørsmålene som skal besvares, går mye på elevenes personlige oppfatning av eksperimentet. Det er meget interessant å høre deltakernes personlige meninger om de aktuelle temaene.

Til tross for at disse gruppeintervjuene skiller seg fra fokusgrupper på flere sentrale områder, oppfyller de alle krav som stilles til fokusgrupper. Det blir derfor mer presist å omtale intervjuene som fokusgrupper enn som betydelig løsere definerte gruppeintervjuer. Ved å karakterisere intervjuene som fokusgrupper, blir noe av intensjonen med intervjuene klargjort og vektleggingen av diskusjon og fokus om et tema blir tydelig. Navnet er som tidligere antydte likevel noe misvisende når det kommer til størrelsen og sammensetningen av gruppene og lengden av intervjuene.

4.3.5 Gruppesammensetningen

Til gruppeintervju anbefales det ofte å bruke homogene grupper (Guttersrud, 2001; Robson, 2002). Ved å bruke homogene grupper skal det være lettere for deltakerne å uttale seg. Guttersrud (2001) argumenterer for segmentering av gruppene på bakgrunn av utdanningsnivå, alder og kjønn. Siden alle deltakerne i denne studien hadde 3FY som fag, var det eneste mulige kriteriet kjønn. Følgelig ble de fire første intervjuene foretatt som to gutteintervjuer og to jenteintervjuer.

Det visste seg i løpet av disse fire første intervjuene at det var vanskelig å få i gang en god diskusjon på gruppene. Et annet problem var at fordi elevene selv valgte hvem de ville jobbe i lag med på forsøket, ble det få rene guttegrupper og på begge skolene, bare én jentegruppe. Dermed var det liten valgfrihet med hensyn til hvilke grupper som kunne intervjues.

Pilotintervjuet ble gjennomført i en gruppe med både gutter og jenter. Dette som fungerte godt. Vi valgte derfor å gå tilbake til blandede grupper på de fire siste intervjuene. I situasjoner hvor elevene selv har fått velge gruppen de vil jobbe i, kan det virke som om samholdet mellom venner er viktigere for homogeniteten til gruppen enn deltakernes kjønn.

Resultater fra FUN undersøkelsen tyder på at fysikkidentiteten er sterkere enn kjønnsidentiteten. Fysikkelever svarer altså likere enn jenter eller gutter på tvers av fagvalg gjør (Angell et al., 2004). Det synes med andre ord som det er mest hensiktsmessig å segmentere gruppene ut i fra hvem som har valgt å jobbe i lag.

4.3.6 Gjennomføringen av intervjuene

Det ble altså foretatt 8 gruppeintervjuer med grupper på mellom 2 og 5 personer i løpet av undersøkelsen. I tillegg ble det foretatt et pilotintervju med en gruppe på 4 i forkant av undersøkelsen.

Intervjuene fant sted rett etter at elevene hadde gjennomført forsøkene. Det ble intervjuet to grupper fra hver klasse i forbindelse med hvert forsøk. To av intervjuene ble foretatt i en studietime noen timer etter at forsøket var gjennomført, mens de resterende 6 ble foretatt i løpet av de 90-minuttersbolkene som var stilt til disposisjon for gjennomføring av forsøkene. En konsekvens av å skulle gjennomføre forsøk og intervjuer i løpet av 90-minutter, var at elevene stort sett ikke rakk å bli helt ferdige med forsøket før de ble intervjuet om det.

De tre klassene som deltok i undersøkelsen fikk på forhånd muntlig beskjed om at de skulle delta i et forskningsprosjekt som gikk ut på utprøving av noen forsøk, og alle elevene fikk utdelt oppgavetekstene til forsøkene i forkant av undersøkelsen. Elevene ble også bedt om å sette seg inn i forsøkene.

Alle de tre klassene som deltok i undersøkelsen hadde deltatt i hoveddelen av FYS 21-undersøkelsen det foregående skoleåret. Det ble derfor ikke ansett som nødvendig å sende ut noe nytt formelt brev om denne utvidelsen av prosjektet. I stedet ble det holdt en kort innledning med presentasjon av hensikten med forsøkene de timene forsøkene ble gjennomført.

Gruppene som ble intervjuet etter elevøvelsene, ble plukket ut av lærerne i de tre klassene. Hovedutvelgelseskriteriet var at gruppen var en av gruppene i klassen som hadde kommet lengst med forsøket på det tidspunktet intervjuet skulle foretas. I første intervjurunde var også kjønnssammensetningen på gruppene sentralt i utvelgelsen.

4.3.7 Transkripsjon av intervjuene

Alle intervjuene ble tatt opp på kassett og transkribert i sin helhet samme dag eller dagen etter intervjuet. Gutterrud (2001) påpeker at transkribering av intervjuene etter hvert som de holdes og dermed å ikke vente med transkripsjonen til slutt, vil gi moderatoren mulighet til å gripe fatt i ting som kommer opp på intervjuene og være mer oppmerksom på dette i påfølgende intervjuer. På denne måten vil en kontinuerlig transkripsjon føre til økt kvalitet på datainnsamlingen og kan i etterkant lette analysen av dataene.

Intervjuene ble både gjennomført og transkribert av samme person. Intervjuene er transkribert ordrett slik de fremkommer på kassetten, men sitatene som er gjengitt her er skrevet om til en mer lesevennlig form. Dette er gjort ut i fra Kvaales (2006) påstand om at "... publiseringen av usammenhengende og repetitive, ordrette intervjuetranskripsjoner kan medføre en uetisk

stigmatisering av bestemte personer eller grupper”(Kvale, 1997, p. 106). Videre sier han at det vil lette forståelsen av forskningspublikasjonen dersom respondentenes spontane muntlige svar er omarbeidet til en mer lesbar skriftlig form.

Kvale (2006) påpeker i sine retningslinjer for rapportering av intervjuer at det bør innføres et enkelt symbolsystem for redigering av sitater. I transkripsjonen i forbindelse med denne oppgaven er det i all hovedsak brukt Gutterstruds (2001) liste over spesielle tegn brukt i transkripsjonen. Listen, med noen mindre tillegg, er vedlagt som appendiks F.

4.3.8 ATLAS.ti

Intervjuene og observasjonen ble transkribert i Word. Disse dokumentene ble så formater til rich text format og overført til dataprogrammet ATLAS.ti 5.0, hvor de ble kodet og analysert. Hensikten med å bruke ATLAS.ti var at dette programmet er enkelt å håndtere og at det å ha et oversiktlig oppsett av kodene som settes på teksten, er med på å effektivisere kodingen og dermed også analysen av teksten.

4.4 Elevrapportene

Rapportene som er med i datamaterialet, kommer bare fra den ene av de to skolene som deltok i prosjektet. Ved skolen som har levert inn elevrappporter, fikk hver gruppe levere en felles rapport. Som en konsekvens av dette, kom det bare inn 5 rapporter fra forsøket om vann som renner ut av hull langs siden på en bøtte og 3 rapporter fra forsøket om kraften på en strømførende leder i et magnetfelt.

Siden antallet rapporter er så lavt og alle kommer fra samme skole, er det i all hovedsak bare brukt til å bekrefte inntrykk fra observasjonene og intervjuene.

4.5 Kvalitativ analyse

Gutterstrud (2001) påpeker at ingen analyse av kvalitative data vil kunne være helt objektiv. Det ligger i de kvalitative data sin natur at de er farget av kunnskaper og holdninger hos den som har samlet inn dataene. På samme måte vil analysen av disse dataene bære preg av hvem som har analysert dem og vil aldri kunne være helt objektiv.

Samtidig påpeker Gutterstrud at det subjektive er en iboende del av den kvalitative analysen og at det i utgangspunktet ikke er noe galt i det. Denne påstanden lar han Zapffe begrunne:

“Betrakteren skal nettopp ikke underordne sig objekt-substratet og skjære det subjektive bort; gjør han det, blir der ikke annet tilbake enn kjemi og fysikk.” (Zapffe sitert i: Gutterstrud, 2001, p. 50)

En konsekvens av det subjektive innslaget vil være at enhver kvalitativ analyse kan kritiseres, og den beste måten å møte kritikken på er å være åpen om hvilke metoder som er brukt under analysen (Krueger, 1998).

4.5.1 Analysemetoden

Undersøkelsen baserer seg på kvalitative data som er analysert kvalitativt gjennom noe Kvale (1997) omtaler som ad hoc-metoder. Det karakteristiske ved ad hoc-metodene er at de i utgangspunktet ikke følger noe bestemt system, men at de blir til ved bruk av sunn fornuft ut i fra det datamaterialet som er tilgjengelig. Kvale sier at

”Slike meningsgenererende metoder kan – særlig når intervjuene ved første gjennomlesning mangler en overordnet struktur – få frem sammenhenger og strukturer som er av betydning for forskningsprosjektet.” (Kvale, 1997, p. 135)

I denne masteroppgaven har analysemetoden i all hovedsak gått ut på at de forskjellige svarene som kom frem under intervjuene er kodet inn i rimelig løse kategorier. Disse kategoriene ble satt opp med bakgrunn i forskningsspørsmålene og det innsamlede datamaterialet fra intervjuene. Disse kodene er gjengitt i appendiks G. Med utgangspunkt i dette materialet er det enten forsøkt å trekke en samlet mening eller eventuelt kommet frem til at elevene ikke har noe felles syn på temaet kategorien omhandler.

I begynnelsen av analyseringen ble det vurdert om vi skulle forsøke å bruke et system med meningsmetning for å analysere det elevene sa om de to forsøkene. I den forbindelse ble det laget en del kategorier i Atlas som gikk på ord elevene knyttet til forsøkene. Kodene som ble opprettet i forbindelse med dette, har navn som starter med ”Bøtta:” eller ”Spole:” (se appendiks G). Det viste seg at denne innfallsvinkelen til analysen var lite fruktbar. Vi valgte heller å slå sammen disse forskjellige kodene til hver av elevøvelsene og studere elevenes uttalelser mer helhetlig.

Etter at sitatene er delt inn i kategorier, er de kategoriene som er sentrale for problemstillingen i denne studien, analysert ut i fra en modell Kreuger (1998) navngir som ”The interpretive model”. Tolkingsregimet går ut på at det innledes med en oppsummerende beskrivelse, følges opp med passende sitater fra intervjuene og avsluttes med å tolke disse sitatene.

Observasjonsnotatene ble analysert ved at de ble gjennomlest i sin helhet for å få et inntrykk av de store linjene i hva som ble observert. Deler av observasjonsnotatene ble valgt ut på bakgrunn av at disse delene var spesielt egnet til å gjenspeile det som skjedde. Delene ble tolket og tolkningene lagt frem i lag med resultatene.

4.5.2 Triangulering

En måte å sikre en kvalitativ studies reliabilitet og validitet på er å bruke flere datakilder for å bekrefte resultatene. I denne studien er det så langt det er mulig triangulert mellom data samlet inn ved observasjon, fokusgruppeintervju og elevene som deltok i studien sine innleverte rapporter fra de to forsøkene. Det er også noe triangulering mellom de forskjellige intervjuene og mellom de forskjellige observasjonsnotatene.

Guttersrud (2001) påpeker at gjennom selve diskusjonen i en fokusgruppe vil deltakerne selv utføre en form for triangulering på datamaterialet som samles inn. ”Denne kommer til uttrykk ved at deltakerne samtykker i, eller stiller seg tvilende til synspunkter som kommer frem i diskusjonen.” (Guttersrud, 2001, p. 56).

Antallet rapporter som kom inn er begrenset, og dataene i rapportene omhandler bare en liten del av studien. Hovedvekten av trianguleringen ligger som en følge av dette mellom observasjon og intervju og mellom de forskjellige intervjuene.

4.6 Undersøkelsens validitet og reliabilitet

Validitet i en undersøkelse som denne, handler om hvorvidt funnene i undersøkelsen egentlig er svar på undersøkelsens forskningsspørsmål. Reliabiliteten til en undersøkelse dreier seg om hvor pålitelige resultatene som fremkommer er.

Reliabilitet og validitet er begreper som i utgangspunktet er knyttet til kvantitative undersøkelser. Det har vært diskutert hvor riktig det er å bruke dem i forbindelse med kvalitativ forskning (Robson, 2002). Robson gjør et forsøk på å bytte ut disse begrepene i førsteutgaven av sin bok (Robson, 1993). Her snakker han heller om "credibility, transferability, dependability and confirmability" (Robson, 1993, p. 403). I den andre utgaven av boka (Robson, 2002) har han kommet frem til at ved å ikke bruke de samme begrepene som innenfor kvantitativ forskning, er han med på å trekke i tvil påliteligheten til den kvalitative forskningen. Han går derfor tilbake til å snakke om validitet og reliabilitet.

Vi har her tatt i bruk begrepsapparatet fra den andre utgaven av Robsons bok (Robson, 2002). I all hovedsak diskuteres kvaliteten til undersøkelsen i termer som reliabilitet og validitet.

4.6.1 Observasjonens validitet og reliabilitet

For å sikre at en observasjonsstudie er vitenskapelig, setter Judd, Smith og Kidder (1991, p. 274) opp fire kriterier:

"Observation thus becomes scientific when it (1) serves a formulated research purpose, (2) is planned deliberately, (3) is recorded systematically, and (4) is subject to checks and controls on validity and reliability"

De første to kriteriene er oppfylt ved at observasjon brukes bevisst som en av kildene til å svare på problemstillingen i denne masteroppgaven. For å imøtekomme det tredje kriteriet, ble notatene som ble tatt i løpet av observasjonen, transkribert samme dag som observasjonen ble gjennomført. Hensikten med dette var å få med mest mulig av det som faktisk hendte. Selve observasjonen, transkripsjonen av notatene og analysen av observasjonene er alle gjort av en og samme person. Dette kan være med på å svekke observasjonsfunnenes validitet ut i fra at forskeren kan bli så oppslukt av datamaterialet at vedkommende ikke lengre har klart for seg hva han eller hun egentlig ser etter. Det kan også være en trussel for reliabiliteten at forskeren tolker resultatene ut i fra hvilket resultat han eller hun forventer å finne. Samtidig vil det at en person gjør alle deler av undersøkelsen forhindre at det oppstår misforståelser og feiltolkninger i mellom de tre ulike stadiene.

Det fjerde kriteriet ble oppfylt ved at validiteten ble forsøkt styrket gjennom at en del momenter fra observasjonene ble brakt opp under intervjuene slik at elevene selv kunne kommentere dem. Dette kalles medlemsvalidering (Bjørkhaug, 2004).

En styrke både for validiteten og reliabiliteten til observasjonsdelen av undersøkelsen var at observasjonsmetoden ble gjentatt fire ganger under nokså like forhold. I følge Robson (2002) vil det å besøke klassene flere ganger bedre undersøkelsens validitet. Det vil minske faren for at elevenes opptreden blir for påvirket av observatørens tilstedeværelse. Det at observasjon bare er en av flere kilder til data vil også føre til styrket validitet.

Elevene ble observert i ordinære fysikktimer på sine respektive skoler. Dette vil i følge Judd, Smith og Kidder være med på å styrke funnene i undersøkelsen:

"Studying natural behaviors in natural settings may lead to greater generalizability (external validity) of research results because subjects will not shape their behavior to take account of being studied."(Judd et al., 1991, p. 272)

Det var imidlertid aldri noe mål at undersøkelsen skulle være generaliserbar i en populasjon større enn de klassene som deltok i undersøkelsen. Det at elevene ble observert og intervjuet på sin egen skole vil altså bare bidra til å styrke undersøkelsens reliabilitet og validitet i sitt forsøk på å si noe om de deltakende klassene.

4.6.2 Intervjuenes validitet og reliabilitet

Alle intervjuene ble som nevnt, spilt inn på kassett. Disse kassettenes ble så raskt som mulig transkribert. Ved å ta samtalen opp på kassett, hadde vi fullstendig oversikt over alt som ble sagt på de forskjellige intervjuene. Dette vil redusere det Robson (2002) beskriver som den største trusselen mot en undersøkelses validitet, nemlig at dataene som er samlet inn er unøyaktig eller mangelfulle.

For å øke validiteten på undersøkelsen ble intervjuguiden til fokusgruppeintervjuene gjennomgått i lag med flere av de andre knyttet til FYS 21-prosjektet i tillegg til en annen mastergradstudent. Intervjuguiden ble også testet ut i en pilotundersøkelse.

Av hensyn til studiens reliabilitet, burde intervjuene vært kodet av minst to uavhengige personer. Dette var det dessverre ikke ressurser til. De tiltakene som ble gjort for å sikre undersøkelsens reliabilitet, var at det i løpet av intervjuet ble stilt oppfølgingsspørsmål for å få elevene til selv å bekrefte og klargjøre hva de hadde sagt. Kvale (1997) beskriver dette som en måte å heve kvaliteten på forskningsmaterialet fra intervjuet. Et annet tiltak for å sikre reliabiliteten i kodingen var at kodingen i et av de ferdigkodete intervjuene ble diskutert i forskningsgruppen. Både det å la respondentene bekrefte sine egen svar og det å la flere gå gjennom hvordan kodene er brukt i et intervju vil øke påliteligheten og troverdigheten til undersøkelsen. Disse forholdsreglene sikrer at moderatoren har forstått hva respondenten mente å si, og at flere er enige i hvordan disse utsagnene kan tolkes.

En styrke for kvaliteten på fokusgruppeintervjuer var at deltakerne hele tiden ville ha mulighet til å korrigere og nyansere hverandres påstander. Denne teknikken kalles ”indre metodologisk triangulering” (Bjørkhaug, 2004). Faren for at respondentene overdriver, underdriver eller er upålitelige på andre måter minker betraktelig når de snakker i en gruppe.

Et annet tiltak for å sikre reliabiliteten til undersøkelsen er at der det var vanskelig å tyde ordet som ble sagt, ble det markert med (...) i transkripsjonen i stedet for at vi forsøkte å gjette oss frem til ordet ut i fra sammenhengen.

Det var også en styrke for reliabiliteten til studien at alle intervjuene ble avholdt, transkribert og analysert av samme person (Bjørkhaug, 2004). På den måten minsker sjansen for at den som transkriberte misforsto det som ble sagt på opptaket fra intervjuet, eller at den som analyserte intervjuene feiltolket situasjonen som oppsto på intervjuet (Guttersrud, 2001). Dette er spesielt viktig der hvor elevene sier noe på fleip eller er ironiske. Dette er talemåter som vil være utydelige i transkripsjonsnotatene og kan føre til feiltolkninger i analysen dersom ikke den som analyserer har vært deltakende i datainnsamlingen.

4.6.3 Analysens validitet og reliabilitet

Kreuger (1998) sier at studiens validitet vil kunne sikres ved at flere tolkere kommer frem til de samme resultatene ut i fra datamaterialet. Dette var det ikke midler til å gjennomføre for noe av datamaterialet som ble samlet inn. All analyse, på lik linje med intervju og transkribering, ble derfor gjennomført av en og samme person. Guttersrud (2001) hevder imidlertid at deltakelse i alle deler av undersøkelsen vil gjøre analysearbeidet lettere.

Kvale (1997) mener problemet med at det ikke har vært flere uavhengige analysatorer til å tolke materialet kan bøtes på ved å sette inn biter av intervjuene slik at de som leser rapporten selv kan se hvordan ting har blitt tolket. På denne måten øker reliabiliteten til tolkingen. Denne teknikken ble brukt i denne masteroppgaven.

En annen metode for å øke reliabiliteten til analysen var at vi sammenlignet forskjellige utsagn innad i hver av gruppene og mellom de ulike gruppene. Denne teknikken for å se om funnene er konsistente gjennom hele undersøkelsen kalles "kryssanalyse" (Bjørkhaug, 2004).

Enda et tiltak for å øke reliabilitet til analysen var at det ble gjennomført noen "negative case analysis". Denne teknikken går ut på å forsøke å sjekke om resultatene stemmer ved å leite etter noen som sier det motsatte (Robson, 2002).

Krueger (1998) minner om at dersom den kvalitative analysen av en fokusgruppe skal gi så autentiske svar som mulig, er analysen nødt til å være gjort systematisk. I denne studien er dette kravet møtt ved at alle intervjuene er kodet i sin helhet. Det er altså ingen deler av datamaterialet som i utgangspunktet er lagt til side eller utestengt. Innen for hver av kategoriene studien uttaler seg om, er samtlige intervjuer kontrollert og så langt det var mulig triangulert mot observasjoner, elevenes rapporter og de andre intervjuene i studien. Til tross for at utgangspunktet for analysen var ad hoc-metoder, er de metodene som er brukt blitt brukt systematisk på alt det innsamlede datamaterialet.

5 Resultater

Resultatene kommer i all hovedsak fra fokusgruppeintervjuene og observasjonen av klassene som gjennomførte de to forsøkene. Så langt det var mulig, er det også forsøkt å trekke inn rapportene elevene ved den ene skolen leverte inn.

Tegnsettet brukt i intervjustatene er vedlagt i appendiks F. Som nevnt i appendikset, angir den første bokstaven om det er ei jente, J, eller en gutt, G, som står bak sitatet. Tallet viser rekkefølgen elevene tok ordet i på starten av intervjuet og er tatt med for å indikere hvilken elev som sier hva slik at det er mulig å følge elevens resonnementer gjennom intervjuet.

5.1 Hva synes eleven om fysikkfaget?

Intervjuets første spørsmål handlet om hva elevene syntes om fysikkfaget (se appendiks E). Som nevnt i kapittel 4.3.3 var hensikten med dette spørsmålet å sjekke hvilken bakgrunn elevene hadde for sine seinere uttalelser om hva de syntes om forsøk og modellering. Tanken var at elevenes holdninger til fysikkfaget ville påvirke deres holdninger til de forskjellige aktivitetene i faget.

Under observasjonen så det ut til at de fleste elevene likte fysikkfaget. De virket blide og interesserte, og de stilte spørsmål og jobbet med oppgavene dem ble satt til. Elevene var ikke like konsentrerte og effektive hele tiden, men det var ingen signaler som antydte at de periodevis avsporingene og distraksjonene kom av at de var misfornøyde med faget eller kjedet seg.

På fokusgruppeintervjuene ble inntrykket av at elevene i all hovedsak likte fysikkfaget forsterket på alle gruppene. ”Interessant”, ”spennende” og ”morsomt” var ord som gikk igjen på de fleste av gruppene når de skulle beskrive hva de syntes om faget. En annen bemerkning som også dukket opp på de aller fleste gruppene var at faget er vanskelig.

G1: Jeg synes det er spennende.

G2: Drit vanskelig.

G3: Det er en av de morsommere fagene for du blander litt praktisk og teoretisk ...

G1: Ja

G3: ... og ser sammenhenger mellom dem.

G2: Litt kult å forstå noe du ikke ser

Et poeng flere av elevene trekker frem som positivt ved faget er at de kan se at det har sammenheng med de tingene de selv kan observere i hverdagslivet.

J1: Det er det som er spennende med fysikk det er at du kjenner igjen i virkeligheten... Altså sånn det har noe med liksom verden å gjøre da. Det er litt mer sånn konkret enn andre fag.

Flere av gruppene kommenterer at dette med at de kjenner igjen litt av hverdagslivet i fysikkundervisningen gjør at de tror de kommer til å få bruk for fysikkunnskapene sine i hverdagen.

Det er bare en av gruppene som nevner forsøk uoppfordret når de blir bedt om å snakke om fysikkfaget. I denne gruppa trekkes eksperimenter frem som en av årsakene til at elevene liker fysikk.

Med utgangspunkt i observasjonen og det elevene sa om fysikkfaget i intervjuene, virker det som om de generelt er positive til fysikk. Det er altså ingen grunn til å tro at svarene deres seinere i undersøkelsen kommer til å bli påvirket av at elevene i utgangspunktet var negativt innstilte.

5.2 Forsøk generelt

For å kunne si noe om hvordan elevene jobbet med de to forsøkene, var det nødvendig å vite noe om hvordan de stilte seg til forsøk i sin alminnelighet. Hvordan de jobbet med forsøk og deres oppfatning av dem ville også danne et bakteppe for hva de seinere ville si om modellering.

5.2.1 Hva synes elevene om å gjøre forsøk?

Generelt sier elevene at de er veldig positive til å gjøre forsøk dette stemmer godt med inntrykket fra observasjonen. Flere av gruppene mente de lærte mye av elevøvelser og at dette var en undervisningsform som var morsommere og mer engasjerende enn tavleundervisningen. Noen elever trakk frem muligheten forsøk gir til å delta aktivt i undervisningen og også til å kunne påvirke den. En av guttene gikk så langt som til å si at forsøk var det eneste han lærte noe av.

G2: Det er mye morsommere enn å ha vanlig undervisning fordi i undervisningen går vi stort sett bare gjennom akkurat det som står i boken. Og hvis man har lest leksen så har man ingenting igjen for undervisningen. Så forsøk det lærer man faktisk noe av.

Samtidig som alle elevene tilsynelatende er positive til laboratorieøvelser, er det ikke alle som mener at dette er det eneste de lærer noe av:

G3: Ja jeg synes det er morsomt og, og det er greit å ha variasjon, men jeg tror kanskje jeg ville lært mer om jeg bare leste, enn flere forsøk for å si det sånn.

Denne gutten ser ut til å mene at forsøk ikke er den mest effektive måten å lære på, noe også ei av jentene på en annen gruppe antyder når hun påpeker at forsøkene tar veldig mye tid.

Dette med variasjon og at forsøk er en avveksling fra den vanlige undervisninga er noe som går igjen i mange av intervjuene. En av elevene påstår at hele begrunnelsen for at forsøk er gøy, ligger i nettopp det at det er en variasjon av undervisninga.

J1: Det er litt gøy fordi det er avbrekk fra teorien da... Så det er vel egentlig derfor det er gøy. Men jeg synes også at forsøkene er litt sånn rare, eller det er litt vanskelig å forklare men... Jeg får ikke så mye ut av forsøkene egentlig. Men det er ganske greit å jobbe med siden det er en avveksling i faget da.

Flere av gruppene som i utgangspunktet var positive til øvelsene, kommer ganske raskt frem til at deres entusiasme slett ikke er betingelsesløs.

G2: Hvis det er vellykket så er det veldig bra

J: Ja hvis man skjønner hva man skal gjøre så ...

G2: Ja

J: ... så det ikke bare er hæ, hvorfor sier du masse tall hele tida?

Elevene forutsetter altså at de forstår hva forsøket handler om for at det skal være greit å gjennomføre det, men da er det til gjengjeld veldig bra. Dersom de ikke forstår hva eksperimentet egentlig dreier seg om, sier flere av dem at det hele blir forvirrende. I denne forbindelse påpeker ei av gruppene at laboratorieøvelsen er nødt til å ha sammenheng med det temaet de jobber med, og at de må klare å se denne relasjonen. Hvis de ikke klarer å se denne sammenhenge, synes de forsøkene er helt unødvendige.

På flere av gruppene kom det frem at de likte forsøk fordi de mente at forsøkene illustrerte fenomenet de skulle lære noe om på en god måte.

G2: Da får du jo ofte forståelsen for det, for veldig mye av tingene i fysikken er sånn at du klarer ikke å forestille deg det. Og når du får sett det i forsøk så ser man ofte lettere svarene og du skjønner hvorfor det blir som det blir da.

Elevene sier også at de liker at øvelsene lar dem se hvordan det de holder på med blir i virkeligheten og at dette gir litt bedre innsikt i hvordan de forskjellige tingene kan brukes. Noen trekker frem at det er litt lettere å huske hvordan ting hang sammen når de har gjort forsøk om det.

5.2.2 Hva er hensikten med forsøkene?

Når elevene blir spurt hva de tror hensikten med å bruke forsøk i undervisningen er, viser det seg at mange tror poenget med laboratorieøvelsene er at de skal være et avbrekk i undervisninga. Det var også mange som antok at lærerens intensjon med forsøkene var at de skulle få repetert og demonstrert reglene i boka.

I arbeidet med forsøkene bruker eleven både teoretisk fysikkunnskap og praktiske ferdigheter innen fysikkforsøk. Svarene fra intervjuene indikerte at gruppene var mindre bevisst på dette med den praktiske arbeidsmetoden. På spørsmål om hva det var meningen at de skulle lære, svarte en av gruppene som hadde jobbet med forsøket med vann som rant ut av siden på en bøtte:

G3: Det virket som bare en hvordan de reglene vi lærte i boka fungerer i virkeligheten. Så vidt jeg har forstått i hvert fall

Moderator: Så det er bare å styrke en teori? Det er ikke noe arbeidsmåte eller noen slike ting?

G3 Ja nå har jo vi hatt kapitlet så da blir det jo mer å styrke en teori. Hvis vi hadde gjort det før vi hadde kapitlet ville det kanskje vært annerledes.

G1: Repetere og få det til å sitte. Altså sånn at vi kan det ordentlig

Ei av de andre gruppene så mer praktisk på det, og på spørsmålet om de trodde at de skal lære en arbeidsmetode eller en teori svarte de:

J1: Nei, altså. Vi gjorde jo noe praktisk nå så

Gruppen var altså inneforstått med at så lenge de løste en praktisk oppgave, så var det sannsynlig at noe av hensikten med den var at de skulle lære noe om arbeidsmetoder de kunne bruke til å løse praktiske problemer.

Ei gruppe strekker seg enda lengre enn til å si at det handler om teori eller praksis og mener at noe av hensikten er at de skal lære å tenke. På spørsmålet om meningen med forsøket sier de blant annet:

J1: Lærte å bruke formlene

J3: ... Og det var vel det som var meninga at vi skulle, at vi skulle se liksom hvordan det kunne brukes. Og så ikke bare på en tegning, men ...

J1: Ja, ikke sant ikke bare følge sånn der... Ja, sånn faste rekkefølger for hvordan man må gjøre ting, men liksom tenke litt selv og ... Ja, ta det ut fra en praktisk hendelse og sette det om til teori da på en måte.

Å tenke selv og kunne omsette praktiske hendelser til teori må kunne betraktes som veldig nyttig kunnskap når det kommer til arbeidsmetoder innen fysikkforsøk.

5.2.3 Bruken av fagord og faglige uttrykk

Igjen og igjen sier elevene at poenget med forsøket er at de skal repetere teorien som står i boka.

G2: Er jo som jeg sa i stad, det er jo bare at vi skal få se med egne øyne at den fysikken som står i boken faktisk fungerer. Det er jo det som er poenget hver gang. At vi får noe ... Når vi har forsøk at vi får noen formler og så skal vi liksom komme frem til de formlene selv.

Tiltross for at alle elevene sier under intervjuene at hensikten med forsøkene er å repetere eller bekrefte den teorien de allerede har kjennskap til fra boka, er det lite og ingen snakk om fysikk og hva teoriene går ut på. Dette gjelder både når elevene gjennomfører forsøket og når de blir bedt om å snakke om det på intervjuene etterpå.

Hvor lite elevene egentlig diskuterer teorier innen fysikk når de snakker om elevøvelsen var spesielt påfallende i forbindelse med forsøket om kraften mellom en strømførende spole og en magnet. Ordene induksjon eller inducere skulle man kunne forvente dukke opp i intervjuene i forbindelse med dette eksperimentet, men den eneste gangen noen sier induksjon er det for å prøve å forklare drift i målingene på vekta. I løpet av de fire intervjuene om forsøket ble ordet inducere aldri nevnt.

5.2.4 Den praktiske delene av forsøkene

Elevene skiller mellom den praktiske delen av forsøket og oppgavene knyttet til eksperimentet. De betrakter bare den praktiske delen som å gjøre forsøk. Dette kommer blant annet frem når en gruppe blir spurt om de synes forsøk er enkelt:

G2: Det var ikke noe ... Det er ... Forsøkene er som regel det etterpå som er utfordringen. Bare selve utførelsen av forsøket er jo sjelden veldig vanskelig.

J3: Det å skjønne hva vi gjorde da. Jeg tror det er det det går på. Hva vi liksom konkret...

Det er altså bare den praktiske delen av forsøket som er et forsøk. Og denne praktiske gjennomføringa er grei. Det vanskelige er, som jenta sier, å forstå hva det de har gjort egentlig er for noe. Skillet mellom hva som er selve forsøket og hva elevene betrakter som et slags etterarbeid til forsøket er tydelig i flere av intervjuene.

Til den praktiske gjennomføringa av forsøk trenger elevene litt forskjellig utstyr. Under observasjonen av forsøket med kraften på en strømførende leder, viste det seg at skolene hadde for lite utstyr, og at det utstyret de hadde ikke fungerte i tilstrekkelig grad. Noe som støttes av elevenes uttalelser.

G2: Når ting funker så blir det veldig bra, men vi har ikke akkurat helt ordentlig utstyr som alltid fungerer her.

G1: Det har en tendens til å gå litt sånn ”nei den fungerer den, nei nå fungerer den ikke, nei nå fungerer den”

Moderator: Det var altså litt representativt i dag når det bare ikke gikk?

G2: Jaja, men det er ofte en av gruppene har utstyr som ikke fungerer.

Ut i fra disse utsagnene ser det ut til at elevene er vant med at det er feil og mangler ved utstyret. Dette poenget kommer noen av gruppene tilbake til når dem blir spurt om de tror det er noen likhetstrekk eller forskjeller mellom hvordan de selv jobber med forsøk og hvordan forskere innen fysikk jobber.

5.2.5 Potensialet til å jobbe i lag

Mye av datamaterialet gir inntrykk av at elevene ikke ser samarbeid som en mulighet, men snarere et onde de må gjennom mens de gjennomfører målingene. Så snart selve den eksperimentelle delen av forsøket var gjennomført, gikk mange av elevene hver til sitt for å jobbe videre med oppgaven alene eller jobbe videre med andre ting. Denne tendensen var tydelig på den skolen hvor elevene ikke skulle levere en felles rapport fra hele gruppa. Verdien av å diskutere resultatene og i felleskap å komme frem til mulige konklusjoner virker ikke særlig opplagt for elevene.

Samtidig er det flere eksempler i intervjuene og under observasjonen på at når elevene snakker sammen om forsøket, kommer de frem til en bedre forståelse av hva de egentlig har gjort. Et eksempel er fra et intervju med ei gruppe hvor jenta på gruppa hadde tippet hvilken formel det var de skulle finne før de startet på forsøket. Tidligere i intervjuet hadde denne gruppa en diskusjon om hva som ville skje dersom de byttet til en kraftigere magnet. De

hadde kommet frem til at magneten sin påvirkning på oppsettet må ha noe med konstanten i det uttrykket de har funnet å gjøre. Altså hadde de resonnert seg frem til et uttrykk som sa at kraften på en strømførende leder i et magnetfelt var avhengig av lengden på lederen, strømmen gjennom den og en konstant k som de trodde hadde noe med magneten å gjøre.

Moderator: Du sier loven, kom dere frem til loven? Du hadde jo loven før du startet.

J: Ja, (latter). Det var jo bare formeler jeg hadde funnet ut fra før

G1: Hva var loven da?

J: Det var jo den der $F=IlB$

G1: Ok. Det var jo ganske fint. Der var du ganske flink.

J: Den har vi jo holdt på med da. Vi hadde jo prøve (...)

G1: Jo ja

J: Så det var vel egentlig bare å se om den stemte.

G1: Men da bruker man jo B da, og B er jo flukstettheten, og det har jo noe med magneten å gjøre så da er ... stemmer jo det for så vidt

J: B er det, er ikke det k egentlig?

G1: Jo, så da tyder det på at k blir påvirket av magneten, som vi sa i stad. Forsterker (...)

J: Det stemte gitt

Her er det tydelig at elevene gjennom samtalen får litt mer klarhet i hva det egentlig er de har funnet ut. Samtaler som denne, utviklet seg på flere av intervjuene, og på observasjonen i forbindelse med at elevene spurte læreren om hjelp til noe og læreren hjalp elevene i gang med denne typen felles drøfting.

5.3 Forsøket "Horisontale kast fra en bøtte"

5.3.1 Hvordan gikk gjennomføringen av forsøket?

Ut i fra observasjonen virket det som om oppgaveteksten var lettfattelig. Elevene kom forholdsvis raskt i gang med å fordele utstyret og klargjøre det til målingene. Det tok litt tid å få fylt alle bøttene med vann, og det viste seg at den mest effektive måten å gjøre dette på var å bruke skolens brannslanger. Tilsynelatende mente elevene denne ventetida var verdt det for å få se lærerne sine stå med en diger brannslange. Ikke uventet viste det seg at dette forsøket førte med seg en god del vannsøl. For å slippe alt arbeidet med å tørke opp vannet, ble forsøket gjennomført utendørs.

På den ene skolen var dette det første forsøket de gjorde dette skoleåret. Dette kom klart til uttrykk ved at en del av elevene brukte veldig lang tid på å gjennomføre målingene og at flere glemte å ta alle målingene de trengte.

En tydelig forskjell mellom klassene som hadde dette som sitt første forsøk, og den siste klassen, som hadde gjort mange forsøk, var at i den sist nevnte var elevene veldig ivrige etter å eksperimentere med utstyret og prøve ut andre varianter enn det som var foreslått i oppgaveteksten. Alle gruppene sjekket hva som skjedde når de tok av alle teipbitene samtidig. Flere prøvde forskjellige varianter av helling på bøtta, og ei gruppe forsøkte å øke hastigheten ut av hullene ved å presse ei tom bøtte ned i bøtta med vann.

På den ene skolen antok læreren at elevene ikke hadde lest på forsøket hjemme selv om de hadde fått oppgaven på forhånd. Derfor ble det satt av tid til at elevene kunne lese gjennom det på starten av timen. I denne klassen diskuterte de fleste av gruppene hvilket av hullene strålen kom til å gå lengst fra mens de fant frem utstyret og kom i gang. På den andre skolen ble det ikke satt av noen ekstra tid til å lese gjennom oppgaveteksten. Her var det færre av gruppene som gjorde seg opp noen mening om hvilket hull strålen kom til å gå lengst fra.

På den ene av deltakerskolene var det to klasser som fulgte prosjektet. Siden det bare var laget ett klasesett av bøttene som ble brukt i forsøket, var den første klassen nødt til å gjennomføre målingene ganske raskt slik at den andre klassen kunne få overta utstyret. Det at elevene ikke hadde tilgang på utstyret de brukte til øvelsen når de skulle svare på oppgavene og skrive rapporten førte til at mange av gruppene oppdaget målinger de hadde glemt å ta. De fleste gruppene løste problemet med manglende data ved å bare spørre en av nabogruppene hvilke tall de hadde fått.

Etter at elevene var ferdig med den praktiske delen av eksperimentet gikk de i gang med tolkningen av resultatene sine og den teoretiske delen av oppgaven. Her viste det seg at oppgaveteksten var litt vanskeligere å forstå.

Felles for de to skolene var at det begge steder ble det en del spørsmål rundt hva som var hva av de to forskjellige høydene i oppgaveteksten. Et annet fellestrekk var at de aller fleste fikk til å tegne grafen av rekkevidden til strålen som funksjon av utgangshøyden, men her var det noen som bommet på hvilken av målingene som skulle på hvilken av aksene.

Klassene som ikke hadde gjort noen forsøk tidligere dette skoleåret, brukte mye tid på å sette opp rapporten formelt riktig med utstyr, fremgangsmåte osv. og kom derfor ikke så godt i gang med tegning av grafene og utregning av hastighetene.

Elevene ved den andre skolen viste at de hadde betydelig mer erfaring med å gjøre forsøk. Hele klassen kom så langt at de regnet ut hastigheten til strålene og begynte å tegne opp grafer av dette. Det viste seg imidlertid at over halvparten av gruppene hadde brukt formelen for fritt fall for å regne ut farten. Under intervjuene var det ei gruppe som gikk så lang som til å antyde at formelen for fritt fall var satt inn i oppgaveteksten for å villedde elevene:

G2: Det var mange som gjorde feil for det var noen som gikk rett i fella også brukte de den formelen.

G3: Den lureformelen

G2: Formelen for noe som starter i ro og faller i fritt fall. Den er jo bare satt opp bare for å forstå at ikke det her... Det her er ikke noe som starter i fritt fall siden det har faktisk en utgangsfart. Og derfor bruker man horisontalt kast formlene, og der var det mange som gikk i fella. Men det klarte vi å styre unna heldigvis.

Til tross for at oppgaveteksten stiller spørsmålet: ”Er det rimelig å tro at hastigheten til vannet vil oppføre seg på samme måte som hastigheten til en gjenstand som faller fritt?” (se appendiks A) og senere ber elevene skrive en matematisk modell for farten vannet har ut av hullene som en funksjon av avstanden til overflata, og igjen spør om elevene kan bruke formelen for fritt fall i tyngdefeltet, oppfatter ikke de dette som et hint eller et ledende spørsmål.

Tatt i betraktning at over halvparten av elevene ved den ene skolen bruker den oppgitte formelen for fritt fall til å regne ut hastigheten til vannstrålene, kan det virke som elevene enten ikke leser oppgaveteksten godt nok, eller så er oppgaveteksten ikke tydelig nok på dette punktet. På to av gruppene påstår elevene at det faktisk står i oppgaven at de skal bruke formelen for fritt fall i tyngdefeltet. To av jentene på den ene gruppa forteller hva de oppfattet som den egentlige oppgaven:

J3: Vi hadde jo fått oppgitt formler og sånn da, eller formel. Så det var jo ikke så ... Men vi måtte jo tenke ut..

J1: Det vi måtte definere var som er h_1 og hva som er h_2 liksom det er jo det eneste vi måtte egentlig definere.

De innleverte rapportene gir inntrykk av at elevene ikke forsto hva som var hoveddelen av forsøket. Med unntak av ei gruppe leverer alle tilfredsstillende svar på hvilken av strålene som kom lengst. Derimot var det bare 3 av de 5 gruppene som kommenterte den matematiske modellen for utgangshastigheten til vannet. Denne tendensen til å vektlegge den første delen av oppgaven sterkest ble i liten grad avdekket under observasjonen og intervjuene. Dette kan imidlertid komme av at de fleste kom nokså kort på oppgavene i løpet av den tiden observasjonen varte før de ble intervjuet. Det ble derfor ikke forventet at de skulle ha gjort seg så mange tanker om den siste delen av oppgaven.

5.3.2 Hva syntes elevene om forsøket?

Under observasjonen så det ut til at alle elevene likte forsøket, og det virket som elevene ved skolen hvor de hadde gjort mange forsøk likte det bedre enn elevene ved den andre skolen. Dette kan komme av at forsøket ble gjennomført ute. Skolen som hadde gjort mye forsøk, gjorde forsøket rett etter lunsj en dag med sol. Den andre skolen gjennomførte forsøket i første time en dag det regnet. Det er altså ikke utenkelig at vær og tidspunkt hadde noe å si for forskjellen i entusiasmen.

På intervjuene ble elevene spurt om deres mening om øvelsen. Her svarte alle elevene mer eller mindre positivt. En gruppe gutter trakk frem at de syntes forsøket var artig.

G3: Vi har gjort mange forsøk før som har vært ganske like, men det vi har aldri gjort noe som har vært lignende dette her. Så det var morsomt å gjøre noe som var helt nytt.

G2: Ja. Og så kunne vi gjøre alt. Det var liksom ikke noe som læreren måtte...

Forsøket var altså morsomt fordi det var noe helt nytt som ikke ligner på noe de har gjort tidligere, men de trakk også frem at de fikk gjøre alt selv. Det var ikke noe som læreren måtte gjøre. Her kan det være verdt å merke seg at det faktisk bare var læreren som fikk lov til å håndtere brannslangen, men fylling av vann i bøtter var kanskje ikke noe disse guttene anså som spesielt spennende.

Observasjonen gav inntrykk av at oppgaven var for lang og med for mye regning. Dette ble bekreftet i intervjuene da det viste seg at ingen av gruppene ble ferdige med oppgaven.

Ut i fra rapportene som ble levert inn, kan det virke som om elevene syntes forsøket var vanskelig. Det var nemlig ingen av rapportene som inneholdt fullstendige svar på oppgavene. Dette inntrykket ble også forsterket på intervjuene hvor flere av gruppene trodde de hadde riktige svar og argumenterte for det til tross for at svarene ikke var riktige.

Moderator: Var det noen spesiell grunn til at dere valgte å bruke loven om energibevaring?

J2: Fordi gravitasjon gjelder, og det er ikke luftmotstand.

Det synes altså som jentene på denne gruppa mener at så lenge bevegelsen skjer i tyngdefeltet og de kan se bort fra luftmotstand, vil den horisontale hastigheten til alle gjenstander variere som om gjenstanden var i fritt fall.

5.3.3 Hva lærte elevene av forsøket?

Tatt i betraktning at observasjonen og rapportene pekte i retning av at elevene hadde misforstått noen viktige deler av forsøket, var det sannsynlig at læringsutbyttet elevene hadde av undervisningsøkten ble noe begrenset. Under intervjuene kom de fleste gruppene inn på om de hadde lært noe av øvelsen. Her trakk noen frem at de hadde lært litt om hvordan formlene virket.

J4: Det er veldig fint å skjønne hvordan liksom formlene virker i praksis eller se at man kan bruke dem til noe liksom

I de fleste gruppene var de enige om at forsøket i all hovedsak var repetisjon av ting de kunne fra før.

G3: Tja, det var vel litt repetisjon, men det var jo interessant også selvfølgelig, men ... det var sånn som ... Hvis man skulle gjette så var det ganske logisk det som skjedde i forsøket. Synes jeg da.

G2: Jeg også

G3: Altså resultatet

Det var bare den gruppa som siteres her, som gikk så langt som til å si at resultatene virket logiske. Da ingen av gruppene fikk til hele oppgaven, kan påstanden om at resultatene var logiske peke i retning av at elevene egentlig ikke hadde skjønt hele problemstillingen. Det kan virke som om de trodde at oppgaven kun gikk ut på å bestemme hvilken stråle som gikk lengst.

Denne mistanken blir i stor grad bekreftet når vi ser på de innleverte rapportene. De fokuserer mye på hvilken stråle som gikk lengst, mens utviklingen av en matematisk modell for hastigheten til vannet i strålene kommer litt i skyggen.

5.3.4 Hva tror elevene er hensikten med forsøket?

Med utgangspunkt i hva elevene sier de har lært av øvelsen, kan det være interessant å se hva de trodde hensikten med eksperimentet var. Her er gruppene nokså samstemte i at meninga med forsøket var å repetere reglene for horisontale kast. Ei av gruppene sier det sånn:

G2: Det passer jo fint inn i kapitlet vårt, eller det forrige kapitlet med horisontalt kast.

Moderator: Så det han vil dere skal lære er horisontalt kast?

G3: Ja kanskje

G2: Og det at... Å styre unna fella å ikke bruke den hvor det er fritt fall, mener du. Det ville kanskje være lett å glemme sånt på prøven.

Disse elevene mener altså at hovedhensikten med forsøket er å terpe på formlene for horisontalt kast slik at de ikke gjør feil på det på prøven. Ei av de andre gruppene er i utgangspunktet enige med dem i at det var en elevøvelse for å repetere horisontale kast. Men denne gruppa har dessverre gått i fella som den forrige gruppa snakket om. De sier at hensikten med eksperimentet er:

J4: Noe med at vannrett kast, liksom farten, kan være den samme som i fritt fall.

Denne påstanden tyder på at dette er ei av gruppene som ikke har lest oppgaveteksten tilstrekkelig godt, eller at de ikke har forstått den.

5.4 Forsøket "Kraften på en strømførende leder i et magnetfelt"

5.4.1 Hvordan gikk gjennomføringa av forsøket?

I motsetning til forsøket med vann som rant ut av en bøtte, fremstår denne øvelsen mer som et klassisk skoleforsøk. Elevene i begge klassene brukte litt tid på å få satt utstyret riktig opp, men de mest effektive gruppene var ganske raskt i gang med målingene.

Selve gjennomføringen av dette forsøket ble nokså ulikt på de to skolene. Den ene hadde ikke utstyr nok til at mer enn to grupper kunne gjennomføre elevøvelsen. Dermed ble det bare de to gruppene som ble intervjuet, som deltok på dette forsøket.

Ved den andre skolen var det utstyr nok til en hel klasse, men ved denne skolen var det to klasser som fulgte prosjektet. Følgelig oppstod det samme problemet med at elevene ikke hadde tilgang på utstyret som når elevene gjennomførte forsøket med horisontale kast fra en bøtte. Til dette eksperimentet ble det i all hovedsak brukt skolenes eget utstyr. Det ble problematisk fordi mye av dette utstyret var slitt og fungerte i noen tilfeller dårlig og i andre tilfeller ikke i det hele tatt. Dette bidro blant annet til at flere av gruppene hadde problemer med upålitelige målinger. På skolen hvor alle elevene fikk gjennomført forsøket, var det en av gruppene som fikk utstyr med feil på. Etter gjentatte forsøk på å finne feilen, var en av de andre gruppene blitt ferdig med sitt utstyr slik at de kunne overta dette. Ut over dette var det bare mindre feil som oppsto på grunn av utstyret.

Et problem alle gruppene støtte på, var at det var vanskelig å få ledningene som gikk til spolene, til å ligge så rolig at de ikke påvirket utslaget på vekten i det de skulle gjøre

målinger. Det var også ei utfordring at vektene hadde en viss drift. Dette var imidlertid bare mindre vansker. Etter hvert som elevene ble oppmerksomme på dem, virket det som om målingene gikk greit.

På intervjuene viste det seg at elevene syntes driften på vekta og den litt nedslitte tilstanden til resten av utstyret var mer problematisk enn det som ble oppfattet under observasjonen. Spesielt var det mange som kommenterte drift på vekta.

G2: Poenget er at vi liksom satte det opp så gikk jo vekten opp og så bare sank den og sank den og sank den og sank den helt til sist

G1: Saktere og saktere og den gikk mot et visst punkt.

I flere av intervjuene kommer det frem at elevene antar at problemene med drift samt de andre komplikasjonene kunne vært unngått dersom skolen hadde hatt bedre og nyere utstyr.

G3: Jeg tror bedre utstyr hadde...

G2: Vi sleit litt

G3: ... gått veldig mye bedre da for det var liksom. Det var så mye knot og så mye småting ...

G2: Ja det var liksom litt problemer med at det ...

G3: ... også var det ... Da var det ikke så lett å liksom få inntrykk av resultatet da.

Disse guttene antyder at resultatene hadde blitt lettere å tolke dersom utstyret hadde vært bedre. Noe som kan betraktes som en logisk følge av at bedre utstyr hadde gitt færre feilkilder slik at det var lettere å ut finne hva som faktisk var resultatene.

På den ene skolen benyttet elevene anledningen til å eksperimentere med nokså høye spenninger, noe som førte til at plasten på en av spolene smeltet. Dette var uventet tatt i betraktning at materialet som ble brukt i vindingene på spolen var valgt fordi det ikke ble særlig varmt. Ut over dette gikk gjennomføringen av forsøket, helt uten overraskelser av noe slag.

På skolen hvor det var to klasser som skulle gjennomføre forsøket, måtte klassen jeg fulgte bytte klasserom etter en stund. Dette førte til at gruppa som hadde hatt feil på utstyret, ikke rakk å gjøre ferdig alle målingene. Dette løste de ved å få måleresultatene fra en av de andre gruppene. En annen konsekvens av flyttingen var at flere av gruppene som hadde jobbet i lag på forsøket, nå delte seg opp og ble sittende og jobbe hver for seg. Etter at det ble klart at gruppene som hadde gjort målinger i lag, også skulle levere en felles rapport, ble de fleste gruppene samlet igjen, men samarbeidet internt i gruppene var fortsatt begrenset. Tilsynelatende var samarbeidet og konsentrasjonen i gruppene betydelig dårligere når de arbeidet med oppgavene til forsøket enn det var under den praktiske delen.

Et eksempel på det manglende samarbeidet fremkom i et intervju hvor gruppa blir spurt hvordan de hadde kommet frem til den matematiske modellen. På denne gruppa hadde jentene jobbet med å løse oppgavene knyttet til forsøket uten at guttene hadde engasjert seg nevneverdig i dette.

G1: Det må dere svare på (nikker mot jentene) Det er dere som har...

I og med at det å finne den matematiske modellen var hovedmomentet i øvelsen var det svært betenkelig at deler av gruppa ikke visste hvordan de hadde kommet frem til svaret.

På skolen hvor bare to grupper gjennomførte forsøket, bruker den ene gruppa høyrehåndsregelen for å finne ut hvilken vei spolen skal stå. Jenta på denne gruppa klarer også å gjette seg frem til hvilken formel de skal finne ut i fra oppsettet til forsøket. Heller ikke på denne skolen er samarbeidet og effektiviteten til gruppa særlig bra. Det kan virke som om elevene betrakter forsøk litt som tid for skravling. Dette bekreftes til en viss grad under intervjuene hvor en stor andel av elevene sier at forsøk mest er et avbrekk fra den vanlige undervisninga.

Elevene ved den ene skolen skulle levere rapportene elektronisk. Dette medførte at elevene brukte mye tid på det stilistiske på datamaskinen, og flere av gruppene plagdes med å få til å tegne grafene inn i rapporten. Dette er problemer elevene hadde også under forsøket med bøtta.

Til tross for at effektiviteten ikke var på topp hos elevene på noen av skolene, kom 3 av de 4 gruppene som ble intervjuet om forsøket mer eller mindre frem til en matematisk modell for sammenhengen mellom kraft, strøm og lengden på lederen. Dette antyder at forsøket var av passe omfang til å kunne gjennomføres på en 90 minutters undervisningsøkt.

5.4.2 Hva syntes elevene om forsøket?

På bakgrunn av observasjonen virket det som om elevene syntes dette forsøket var enklere enn forsøket med vannet som renner ut av en bøtte. Alle gruppene jobbet med å finne svar på oppgavene til øvelsen, og det virket som om alle hadde forstått oppgaveteksten. Observasjonen antydte at elevene syntes dette var et helt vanlig forsøk, og at det verken var spesielt spennende eller morsomt, men helt greit. "Helt greit" og "bra" var også ord som gikk igjen når elevene ble spurt hva de mente om forsøket på intervjuene.

J1: Det gikk greit.

G2: Vi fikk vel til det vi skulle. Vi får se hvordan resultatene stemmer og sånn med det vi egentlig skulle fått etterpå. Om feilkilder og sånn, men synes det gikk bra.

Men selv om eksperimentet altså var helt ok, var det flere grupper som plundret litt med å få satt opp utstyret riktig, som dette lille utdraget fra diskusjonen på et av intervjuene viser:

J2: Det gikk jo greit bare vi skjønnte hvordan vi skulle gjøre (...) og sette sammen. Det var litt mye klabb og babb i starten for å få...

J1: Sånn er det alltid når du gjør ting første gang.

G2: For så vidt

J1: Det gikk greit. Det var jo et enkelt forsøk, så det er alltid teorien bak som er vanskelig.

G1: Ja. I hvert fall når det står så nøyaktig hvordan man skal gjøre det.

Elevene kommenterer altså at oppgaveteksten er lettfattelig. Dette stemmer overens med inntrykket fra observasjonen, samtidig forsterker kommentarene inntrykket av at elevene bare oppfatter den praktiske delen av øvelsen som selve forsøket.

5.4.3 Hva lærte elevene av forsøket?

Når det kommer til elevenes læringsutbytte er dette basert på elevenes egne utsagn om hva de har lært. Her kan det virke som om elevene egentlig ikke føler at de har lært så mye nytt. De klarer i alle fall ikke å sette ord på hva det er de har lært.

Moderator: Følte dere at dere lærte noen ting?

G1: Ja, kan ikke si noe annet.

Moderator: Jo jo jo

G2: Altså vi kom jo frem til noen fine grafer og sånn da. Det er jo litt (...)

J1: Men ja vi lærte noe. Vi gjorde jo det.

G1: Ja, kort og greit

Hvis vi tar i betraktning at elevene mente hensikten med forsøket var å repetere en formel de allerede hadde god kjennskap til, er det kanskje ikke så rart at de ikke følte at de lærte så mye nytt. På spørsmål om hva de trodde var lærerens hensikt med å gjennomføre elevøvelsen, sa en av gruppene:

G2: Er jo som jeg sa i stad, det er jo bare at vi skal få se med egne øyne at den fysikken som står i boken faktisk fungerer. Det er jo det som er poenget hver gang. At vi får noe ... Når vi har forsøk at vi får noen formler og så skal vi liksom komme frem til de formlene selv.

J2: Og så lærer man jo mer av å gjøre det praktisk på egenhånd enn å bare... Så skjønner man jo mer hvordan det fungerer.

Det kan virke som elevene synes de lærer teoriene i boka bedre når de selv får gjøre praktiske forsøk med teoriene. En jente på en av de andre gruppene utdyper dette med å lære ting bedre ved å selv gjøre den praktiske delen av forsøket:

J: Ja, men det er jo en ting er jo at han står og forteller oss at sånn og sånn er det, men vi husker det kanskje bedre og skjønner mer når vi selv får lov til å tukle litt med det og prøve oss ut og se resultatene og at det blir faktisk sånn som lovene sier.

Ellers er det ganske mange av elevene som rett og slett sier at lærerens hensikt med forsøket er at de skal se at det er en sammenheng mellom kraft, antall vindinger og strøm. Det kan dermed synes som det er denne sammenhengen elevene forventer å lære.

5.5 Empirisk-matematisk modellering

Elevene ble i løpet av fokusgruppeintervjuene stilt en rekke spørsmål relatert til empirisk-matematisk modellering. Resultatene på disse spørsmålene i lag med observasjonen er sentrale for å komme frem til svar på oppgavens problemstilling. Elevene var ikke vant med

begrepet empirisk-matematisk modellering så begrepet modellering ble brukt i stedet. På noen grupper virket det som elevene var kjent med begrepet mens i andre grupper måtte det forklares.

5.5.1 Hva synes elevene om forsøk med empirisk-matematisk modellering?

I utgangspunktet virker elevene som om de liker øvelser med modellering. Kommentarene spenner fra greit til spennende, morsomt og interessant. To av guttene på ei gruppe oppsummerer det på denne måten:

G3: De er veldig fine hvis ikke feilkildene blir for store da. Det er veldig kjekt å komme frem til formlene.

G1: Det er vanskelig, men det er morsomt når man ser at det stemmer og funker.

Modellering er altså populært så lenge elevene får det til. Dette med at modellering kan være vanskelig og at det kan være frustrerende når de ikke får det de hadde trodd de skulle få, er de aller fleste gruppene innom. Dette er i prinsippet akkurat det samme som elevene sa om forsøk generelt.

Det er også noen som mener at empirisk-matematisk modellering ikke passer for dem. Dette ble uttrykt bant annet av ei av jentene som sier at hun foretrekker å få forklart svarene fremfor å måtte prøve å finne dem selv.

J: Jeg vil mye heller få det forklart enn å finne ut av det selv. Men det er fordi det er ikke lærestilen for meg, men jeg ser jo sikkert det pedagogiske i det at du kanskje husker det hvis du kom frem til det selv og sånn men. Jeg personlig synes det er mye bedre å bare bli forklart noe enn å skulle finne ut av det selv.

Samtidig hevder hun at det sikkert er pedagogiske fordeler ved å måtte finne frem til løsningene selv. Det pedagogiske aspektet med å måtte finne ut av ting selv, er det flere som kommenterer. På ei av gruppene er det noen av guttene som mener at det å måtte finne ut av ting selv, gjør at de husker resultatene bedre:

G1: Jeg synes det er greit å gjøre sånne forsøk, og sånn. Da husker man det mye bedre, eller i hvert fall jeg gjør det da i stedet for bare å i stedet for bare å lese det eller...

G2: For å kunne plassere det i noe du faktisk har gjort i stedet for at du bare vet at sånn er det og det må du bare finne deg i.

G1: ... Godta, eller så...

G2: Så kan du faktisk plassere det å vite hva du gjorde da og det var sånn det hang sammen alt sammen og det var liksom effekten av det vi gjorde.

G1: Eller hvis du skjønner hva som skjer i forsøket da, for hvis du ikke skjønner noe så er du jo like langt.

Med utgangspunkt i disse guttenes synspunkt kan det virke som det er lettere å se og forstå sammenhengene i et fenomen hvis man gjør modelleringsøvelser med fenomenet. Den siste

kommentaren gjentar seg gjennom hele undersøkelsen. Elevene må forstå hva de holder på med ellers har det ikke noen verdi.

5.5.2 Er empirisk-matematisk modellering vanskelig?

Alle gruppene kommer i løpet av intervjuet innom noe de ser som vanskelig ved empirisk-matematisk modellering. Det er imidlertid ingen av gruppene som sier at det at oppgavene er vanskelige, er noe ensidig negativt.

G3: Det varierer litt. Det er vel kanskje et lite nivå vanskeligere enn det vi ellers holder på med. Men jeg tror vi lærer litt av det.

G1: Ja lærer ofte å se litt mer sammenheng å få liksom et bilde av hva du kan bruke det til da. Få litt bilde av hva det er nyttig for.

Få grupper kommer med noen god forklaring på hvorfor det er vanskelig. Ei av gruppene antyder at grunnen til at modelleringsforsøk er vanskeligere enn vanlige forsøk er at du trenger en bedre forståelse av fenomenet som skal studeres.

G3: Du trenger mye større forståelse da mener jeg, av det for å få til ...

G1: En dersom du ...

G3: ... hvis du bare skal ha resultatene og se på tall er det litt lettere enn å komme frem til en formel. ... og utarbeide en formel fra resultatene. Det er mye vanskeligere det.

G1: Hvis du har sett formelen tidligere og sett ... satt deg inn i litt stoffet tidligere da skjønner du jo litt likevel...

G3: Ja det er jo akkurat det jeg sier, det er vanskeligere

G1: Det er verre det hvis man skulle laget en matematisk modell før man hadde lært noe om stoffet.

Guttene trekker frem at det ofte er vanskelig å se sammenhengene i de resultatene de får, og de er enige om at det er spesielt problematisk hvis de ikke kjenner den sammenhengen de ser etter på forhånd. Dette sier flere av de andre gruppene seg enige i, men ei gruppe påpeker at det likevel ville vært morsommere dersom utfallet av forsøket ikke var kjent på forhånd.

Moderator: Hadde det vært artigere hvis dere ikke visste hvordan det gikk?

G1: Hmm

G2: Ja jeg synes det i hvert fall

G1: Ja, men det er litt vanskeligere.

En annen gruppe påpeker nødvendigheten av å være våken og konsentrert når de jobber med modelleringsøvelser:

J3: Ja man må liksom være våken for å klare det ellers blir det bare surr.

Problemet med at det bare blir ”surr” kan også oppstå dersom elevene ikke har lest øvelsen godt på forhånd eller ikke helt har skjønnet hva den egentlig handler om.

J3: Men spesielt hvis man ikke har lest forsøket først så i alle fall. For da blir det sånn at du bare gjør det også vet du egentlig ikke hva du skal se etter også har du gjort forsøket, og så har du glemt å observere mye greier og så blir det egentlig bare surr

J2: Og hvis du ikke skjønner teorien heller så vet du ikke helt hva du sitter og regner på.

Slik jentene sier det virker det som de mener at det er avgjørende for forståelsen av forsøket at de er godt forberedt.

En av gruppene med bare gutter mente at modelleringsforsøk ikke egentlig er vanskelig lenger siden de fikk så mye trening på modellering gjennom deltakelsen i FYS 21-prosjektet:

G3: Det er vi veldig gode på grunn av det forsøket i fjor altså.

Dette utsagnet kan tolkes til at guttene følte de lærte arbeidsmetoden empirisk-matematisk modellering gjennom FYS 21-prosjektet.

5.5.3 Empirisk-matematisk modellering kontra andre typer forsøk

Det er tydelig i begge klassene at deltakelsen i FYS 21-prosjektet har satt sine spor. Alle elevene som ble intervjuet, satte et ganske klart likhetstegn mellom modellering og forsøk. På intervjuene ved den ene skolen sa de i forbindelse med det andre forsøket at alle forsøkene de hadde gjort, dette skoleåret hadde vært modellering. På den skolen som hadde gjort flest forsøk mener noen av elevene at de kunne ha hatt et forsøk som ikke var empirisk-matematisk modellering, men de kommer ikke på hva det var. En av de andre gruppene ved denne skolen konkluderer ganske greit med:

G3: Det er jo det vi har stort sett uansett er det ikke det. Læreren lager det jo til et modelleringsforsøk uansett.

Det at elevene ser modelleringsøvelser og forsøk som det samme, fører til at noen av begrunnelsene for at de liker modellering like gjerne kunne ha vært begrunnelser for å like og gjøre forsøk generelt.

G3: Vi likte det fordi vi kunne gjøre mange øvelser og det er morsomt. Vi lærer mye av øvelser så derfor synes alle det var bra.

G2: Ja sånn generelt synes vi jo forsøk er bedre enn generell tavleundervisning...

På spørsmål om forskjellen mellom forsøk med empirisk-matematisk modellering og andre forsøk, sier ei av gruppene:

G2: Det blir vel annen type rapportskrivning da. I stedet for at du skriver det du har gjort og sånn hva som skjedde og konklusjon på slutten, så må du liksom ... Det er mer arbeid etter du er ferdig da. At du må komme frem til en modell.

Her er det verdt å merke seg at eleven mener at arbeidet med å lage en matematisk modell kommer etter at de var ferdige med forsøket. Inntrykket av at bearbeiding av resultatene fra

den praktiske delen av forsøket ikke blir betraktet som en del av forsøket, blir dermed forsterket nok en gang.

5.5.4 Matematikken i modelleringsøvelsene

Med noen få unntak virker det som elevene synes matematikken i modelleringsøvelsene er enkel. Flere av gruppene sier at det ikke er selve regninga som er problemet, men å finne ut hvilken formel du skal bruke.

J4: Så lenge du finner ut formelen, så er det ikke så vanskelig å regne. Så er det ikke så vanskelig matte å regne ut, men du må liksom finne ut hvilken formel du skal bruke.

Det å finne formelen er mye av det empirisk-matematisk modellering handler om og, som tidligere nevnt, ser ikke elevene dette som en spesielt enkel oppgave. Noe av grunnen til at det var vanskelig å "finne formelen" kan være at elevene tilsynelatende hadde problemer med tegning og tolkning av grafer.

På spørsmål om matematikken i modelleringsforsøkene er vanskelig svarer ei av jentene:

J: Nei, bare det med de diagrammene.

Dette ble utdypet av en annen gruppe som sa at det som gjorde forsøket vanskelig, var grafene. Flere grupper kommenterte at det var problematisk å tegne grafer på datamaskin. Ei gruppe gikk så langt som til å si at grunnen til at de ikke likte modellering, var arbeidet med grafene.

G2: Jeg kan si at jeg synes ikke der er så spesielt gøy å sitte og tegne grafer og sånn...

J2: Ja

J1: Mmm plotte inn 14 000 tall og ... Det er liksom ikke så Yeah

G2: Hadde det vært en annen måte å gjøre det på så hadde jeg gjerne tatt i mot det for jeg ... i hvert fall sånn å ... jeg fikser ikke å tegne grafer på PC så å måtte sitte og tegne de for hånd. Du kommer jo frem til uttrykkene ganske greit på kalkulator, men det er jo ikke uttrykket man ber om, man blir liksom bedt om å tegne grafen også, og det kunne man ha spart seg for.

Inntrykket av at elevene ikke er spesielt glad i å tegne grafer kommer også frem under observasjonen. Ved begge gjennomføringene av de to forsøkene brukte elevene lang tid på å tegne grafene, og noen av gruppene blander hvilken akse de skal sette opp resultatene langs.

Ut i fra arbeidsmåten til elevene virker det som om selve grafen er underordnet. Det viktige er å legge resultatene inn i kalkulatoren slik at de kan bruke regresjon til å finne den kurven med best tilnærming til punktene. Dette inntrykket blir også støttet av den siste kommentaren i diskusjonen som er gjengitt over.

5.5.5 Hvordan resonnerer elevene når de jobber med oppgaver med empirisk-matematisk modellering?

Bare ut i fra intervjuer og observasjon er det ikke mulig å si noe helt klart om hvordan elevene resonnerer når de jobber med empirisk-matematisk modellering. Det er imidlertid mulig å si

noe om hvilken fremgangsmåte elevene bruker og hva de diskuterer mens de holder på. Ut i fra dette kommer vi med noen antagelser om resonnementene som ligger bak handlingene.

Med bakgrunn i observasjonen virket det som elevene hadde innarbeidet en del rutiner på hvordan de kunne løse modelleringsoppgaver. Alle gruppene la inn verdiene de hadde kommet frem til i kalkulatoren, og brukte kalkulatorens regresjonsfunksjon til å prøve seg frem for å finne det uttrykket som passet best. Dette inntrykket ble forsterket på flere av intervjuene:

Moderator: Kom dere frem til noen matematisk modell?

G3: Vi holdte på med det til slutt nå. Jeg tror ikke det er det endelige svaret, men det første forsøket vi gjorde nå det var i hvert fall bruke kalkulator og stat som det heter på kalkulator hvor du da setter sammen... Hva var det vi satt sammen? Utgangsfarten og avstanden til vannflaten, og så fant sammenhengen mellom de i en sånn formel.

Moderator: Lineær formel eller? Andregrads... Tredjegrads?

G3: Ja, jeg tror vi prøvde på lineær også det var vel akkurat det siste vi gjorde, så prøver på...

G2: Da vi slutta liksom

G3: ... prøve på ... Prøve litt forskjellig etterpå. Se hvilke som passer best.

Den matematisk modellen elevene valgte ble tilsynelatende valgt ved at de prøvde seg frem til det som passet best. Det virket som de fleste ikke tenkte på de fysiske konsekvensene av de forskjellige matematiske uttrykkene som de fant i det hele tatt.

I et av intervjuene ble gruppa utfordret på de fysiske følgene av modellen de valgte. Denne gruppa hadde diskutert litt rundt de fysiske konsekvensene av modellen og hadde kommet frem til at hastigheten til vannet som funksjon av avstanden til vannflata, ville endre seg som en andregrads funksjon.

Moderator: Jeg fulgte jo med når dere gjorde oppgaven. Dere diskuterte litt rundt om det var en lineær funksjon eller om det var en andregradsfunksjon. Tenkte dere noe på hva det ville bety fysisk? Altså en ting er matematikken, men hvis dere tok det tilbake til fysikken. Tenkte dere på hvordan det ville se ut?

J2: Tenkte vel litt på det ja. Det var eller... Men jeg vet ikke om vi ble noe klokere av det. Så ... Lineær var jo... ville jo bare fortsette akkurat likt

J1: Ja da ville jo liksom økningen vært like stor hele veien, på en måte.

J2: Konstant liksom

J1: Men så fant vi ut at det var kanskje mer realistisk at jo mer vann man hadde og på en måte jo høyere trykket var så ble forskjellen mindre etter hvert da. At det liksom ikke hadde så mye å si lengre når det ble så store mengder, så da fant vi ut at den andregradsfunksjonen var

mer realistisk da som gjen... Eller går brattere og brattere da så det blir jo mindre forskjell. På en måte.

Jentene har helt rett i at etter hvert som trykket øker, vil endringen i hastigheten til vannet ut av hullene bli mindre. Som forklart i kapittel 3.3.5 vil hastigheten forandre seg som en kvadratrotfunksjon. Dette er det stikk motsatt av jentenes forslag om en andregradsfunksjon. Man kan spørre seg om jentene ikke har god nok kunnskap om sammenhengen mellom formen på den grafen til den matematiske modellen og konsekvensene det vil ha i fysikken.

I det andre forsøket er i utgangspunktet grafene enklere siden det er lineære forhold mellom de involverte størrelsene. Observasjonen viste at alle kunne finne disse lineære uttrykkene med regresjon på kalkulatoren. I ei av gruppene kommenterte ei jente at konstantleddene i de to lineære uttrykkene var så små at de kanskje kunne settes lik null. Jenta fikk et hint fra en av lærerne om at hun kan tenke på hva som skjer hvis strømmen gjennom kretsen er null. Dette gjorde at gruppa ble enig om å la grafene gå gjennom origo.

På den samme gruppa prøvde ei av de andre jentene å slå sammen de to uttrykkene de hadde funnet for kraften på en leder i et magnetfelt. Det syntes som om hun er vant med å manipulere formler og startet med å sette de to uttrykkene lik hverandre. Hun oppdaget fort at dette førte til en eliminering av kraften, som var det hun skulle finne et uttrykk for. Med litt hjelp fra læreren kom hun frem til at lengden på lederen måtte være en del av konstanten i den ene formelen mens strømmen var en del av konstanten i den andre formelen. Ut i fra dette kommer hun frem til det endelige uttrykket for kraften på en leder i et magnetfelt sin avhengighet av lederens lengde og strømmen gjennom den. Etter hvert som hun begynte å forstå sammenhengen, resonnererte hun fortere, og de andre jentene på gruppa klarte ikke å henge med. Hun som løste oppgaven, hadde imidlertid forstått oppgaven så godt at hun ikke fikk noe problem med å forklare det til de andre jentene.

Guttene på denne gruppa interesserte seg ikke for løsningen av oppgaven i det hele tatt. De hadde fokus på føringen av oppgaven på data, så mens jentene regnet og funderte satt guttene med datamaskinen og gjorde noe annet. Dette inntrykket ble forsterket på intervjuet.

Moderator: Hvordan tenkte dere på slutten av denne oppgaven? Den første biten er jo bare å plugge i, men hvordan tenkte dere når dere skulle finne de uttrykkene og?

G1: Det må dere svare på (nikker mot jentene) Det er dere som har...

J2: Det er egentlig kalkulator, men hvis man tegner så må man jo bruke stigningstall da men... For å se hvor den går gjennom

G1: Det er jo egentlig mest matte da. Det som vi gjorde etterpå. Den fysiske delen var først.

J2: Mmm

Her kan vi legge merke til at jenta som svarer, ikke trekker frem hvordan hun og de andre jentene brukte resultatene de fikk fra kalkulatoren til å resonnerere seg frem til et svar, i stedet for gir hun kalkulatoren all æren. Hun svarer også bekreftende på at det bare er matematikk som fører dem den siste biten frem mot svaret. Det virker som elevene er enige om at det bare er den praktiske utførelsen av forsøket som handler om fysikk.

Den nokså labre arbeidsinnsats på den teoretiske delen av forsøket kan medvirke til at det ser ut som eleven ikke anser denne delen som en spesielt viktig del av forsøket. Mens det under den praktiske delen ble stilt mange spørsmål, hadde lærerne ganske lite å gjøre da elevene skulle jobbe med de teoretiske spørsmålene. Det at elevene ikke tok så tungt på den teoretiske delen av forsøket kom også frem på et av intervjuene.

G2: Folk sitter jo egentlig i klasserommet og bare snakker og sånn så jeg tipper de ikke gidder å gjøre det nå. At de tar det senere.

Elevene ser tilsynelatende i liten grad behov for den hjelpen lærerne kunne tilbydd dem med å løse den teoretiske delen av oppgavene. Dette kan hende henger sammen med at de, som nevnt overfor, vurderer den teoretiske delen til bare å være matematikk.

Til tross for elevenes skepsis til å tegne grafer, kommer det frem at noen av elevene er klar over at de må bruke disse grafene når de skal bestemme seg for hvilken matematisk modell de skal prøve om passer. På spørsmål om hvordan de tenkte på den siste delen av oppgaven om kraft på en leder i et magnetfelt, svarer ei av gruppene:

J1: Nei altså det er litt sånn vi syntes den så rettlinjet ut, så da laget vi en rettlinjet funksjon, og så... Så trengte vi litt hjelp til å komme videre og sånn så

G1: Vi så jo at vi fikk sånn rettlinja grafer og når vi tasta inn de verdiene på kalkulatoren.

J1: Så det var ikke akkurat sånn at vi tenkte at oj her blir det sikkert rettlinjet. Det var mer sånn vi ser det.

Elevene gir på tilsvarende måte i flere av de andre intervjuene inntrykk av at det er når de ser grafen, de avgjør hvilke forskjellige matematiske modeller de vil prøve seg frem med på kalkulatoren.

På et av intervjuene kom elevene inn på muligheten for å gjøre empirisk-matematisk modellering ved hjelp av en datamaskin. Dette hadde elevene negative erfaringer med fra fysikken året før, og de mente at både skolens datamaskiner og programvaren som ble brukt var for dårlig.

G2: Ja vi hadde vel litt... Jeg tror vi var med i et sånn modelleringsprosjekt halvveis i 2FY. Men det ble veldig mye surr. Vi sliter med, vi har ikke veldig bra software da på Pc-ene og sånn så det blir ikke helt bra synes jeg.

Moderator: Nei. Og sånne forsøk hvor dere gjør modelleringa for hånd eller på kalkulator?

G2: Ja det blir bedre i hvert fall. For da blir det litt mer at du skjønner i stedet for at du bare setter inn tallene.

Det kan virke som om denne gutten mener at det er vanskeligere å forstå forsøkene når de jobber med en datamaskin enn når de bare jobber med enkelt utstyr.

5.5.6 Hva lærer elevene av modellering?

I et av intervjuene viser en av guttene at han har forstått at noe av hensikten med å jobbe med modelleringsøvelser er at de skal lære noe om en fremgangsmåte for å sette opp modeller.

G2: Ja. Jeg tror det meste går på at ja du lærer vel litt mer å gjøre det og å sette opp modeller og sånn ja. Og man kommer til å trenge det senere, så da er det vel greit å få inn det ja logiske da. Sånn at man skjønner sammenhengen.

I sitatet kommenterer eleven også at han tror han kan få bruk for denne fremgangsmåten seinere, og at det derfor er hensiktsmessig å lære seg sammenhengene. Flere av de andre gruppene kommer inn på det samme når de sier at de får litt større innsikt i problemstillingene når de jobber med modelleringsøvelser, og at det hjelper dem til å se problemene fra flere forskjellige synsvinkler.

J1: Ja får litt større innsikt og fra forskjellige synsvinkler på tema da.

På en av de andre gruppene sier de at denne større innsikten hjelper dem til å teoretisere over det praktiske forsøket og ta i bruk formlene de har lært.

Tatt i betraktning at mange av elevene tidligere i intervjuene har sagt at forsøk generelt fungerer fint som et avbrekk i undervisningen, var det verdt å spørre om det ikke også var dette som var hovedutbyttet av modelleringsøvelsene. På dette spørsmålet var imidlertid elevene helt klare på at de faktisk lærte noe:

Moderator: Lærer dere noe av denne typen oppgaver?

Alle: Ja

Moderator: Så det er ikke bare et avbrekk i undervisningen

G1 og G3: Nei

Det kan altså virke som om elevene føler at de lærer noe. Siden elevene stort sett ikke skiller mellom modelleringsforsøk og andre typer forsøk, er det naturlig å tro at det faglige utbyttet elevene mener å få fra forsøk også vil gjelde for arbeidet med modelleringsøvelser.

5.5.7 Modellens svakheter

En sentral del av arbeidet med empirisk-matematiske modeller er å se modellens svakheter og kjenne til situasjoner når modellen ikke kan brukes. I fokusgruppeintervjuene knyttet til dette forsøket, ble elevene spurt om de trodde modellene de kom frem til hadde noen svakheter. Det viste seg raskt at de fleste elevene blandet sammen modellens svakheter med feilkilder i forsøket. Nesten samtlige svar på dette spørsmålet ble besvart med eksempler på feilkilder som dårlig utstyr eller unøyaktige målinger.

I rapportene som ble levert inn, hadde de fleste gruppene med et avsnitt hvor de påpekte feilkilder til resultatene sine, men ingen kommenterte svakheter med modellene de hadde valgt. For eksempel ville påstanden fra ei av gruppene om at vannets hastighet ut av hullet varierte som en fjerdegradsfunksjon av avstanden til vannets overflate vært betydelig lettere for gruppa å forsvare dersom de hadde skrevet at modellen bare gjaldt i intervallet hvor målepunktene ble samlet inn.

5.6 Nature of science

Da gruppene ble presentert for spørsmålet om hvorvidt det var noen likhetstrekk mellom empirisk-matematisk modellering og forskning, mente alle gruppene i utgangspunktet at det var det. Etter å ha diskutert det litt, kom de fleste gruppene på eksempler både på likheter og ulikheter.

5.6.1 Fremgangsmåten

Et av likhetstrekkene mellom elevenes arbeid med forsøk og forskning innenfor fysikk som ble understreket av mange av elevene var likhetstrekk ved fremgangsmåten. Ei av jentene sa at hovedtrekkene i arbeidsmetodene til forskerne samsvarer med hovedtrekkene i fremgangsmåten til empirisk-matematisk modellering.

J1: Det har sikkert mye. De har sikkert kommet frem til noen teorier om at det må være sånn, og så må de teste det ut gjennom forsøk, og så må de regne på det for å sjekke om det er sånn som de trodde det skulle være da på en måte.

En av guttene utdyper hvorfor han tror forskerne tar i bruk modeller:

G2: Man skal vel ofte komme frem til modeller da hvis man, eller sånn det blir kanskje ikke akkurat sånn hverdagslig fysikk da, men ... Det er vel greit å sette opp sånne modeller etter forsøk sånn at du ser sammenhenger på andre måter som du kanskje ikke så dem på når du bare hadde tallene. Og så må man kanskje gjøre det for å få mer innsikt i det man har gjort.

Dette utsagnet tyder på at gutten mente at forskerne, på lik linje med elevene, lager empirisk-matematiske modeller for enklere å kunne se sammenhenger i de innsamlede resultatene og på den måten å få en bedre forståelse av hva det er de har kommet frem til.

Ei av gruppene antydte at forskerne nok bruker modellene de kommer frem til litt mer aktivt enn elevene. På direkte spørsmål om hvorvidt forskerne lager matematiske modeller, svarer en av guttene:

G3: Altså det vil jeg tro. Si datagreier for eksempel så er... går jeg ut i fra at det er mye modellering og 3D greier og forskjellig. Så jeg vil gå ut i fra at fysikerne også bruker det for å... Hvis de da lager en modell så vil de da kunne bruke den senere og gjøre det mye enklere enn om de bare hadde fakta.

Slik eleven legger det frem, lager forskerne modeller som de kan bruke i seinere forskning. Disse modellene blir brukt i stedet for de opprinnelige dataene som ble samlet inn. Her kan det bemerkes at gutten snakker om fakta og ikke data. Det kan altså virke som han ser de innsamlede dataen som udiskutable faktaopplysninger.

En sentral forskjell i fremgangsmåten blir påpekt av en av de andre guttene:

G1: Det er nok ikke gjort på 45 minutter

Elevene regner tydeligvis med at skoleforsøkene er laget til å passe akkurat inn på en skoletime mens ordentlig forskning strekker seg over lengre tid.

Samtidig som elevene viser at de har en del tanker om hvordan forskerne arbeider og hvilke likhetstrekk det er mellom det arbeidet forskerne gjør og det de selv gjør når de gjennomfører forsøk, inneholder alle svarene en stor grad av antakelser og synsing. Ei av gruppene gjør noen forsøk på å tippe på likheter før de sier rett ut at de faktisk ikke vet noe om hva forskere innen fysikk driver med.

J1: Det er vel noe av det samme sånn grunnprinsippene liksom. At de først finner ut hva de skal gjøre, og så gjør de det og så... Ja

J2: Så ser de om resultatene stemmer med den hypotesen de har satt opp. Jeg har ikke peiling på hva de jobber med

J4: Ikke jeg heller

Det kan virke som om forskere innen fysikk har en jobb å gjøre når det gjelder det å informere samfunnet om hva de arbeider med og hvordan de kommer frem til resultatene de presenterer.

5.6.2 Bekrefter allerede kjente resultater

En av likhetene mellom empirisk-matematisk modellering og forskning som flere av gruppene trakk frem, var det å ta mange målinger. Ei av gruppene så imidlertid dette med gjentakelser som en forskjell. De hevdet at mens forskerne må gjøre forsøket igjen og igjen for å se om de får de samme resultatene, så trenger de, som elever, bare å gjøre forsøket én gang for å se om resultatet stemmer med det de skulle få.

G2: De må jo prøve og prøve og se om det gjentar seg for så å

G1: De gjør vel forsøkene flere ganger for å sjekke om det stemmer. Mens vi gjør på en måte forsøket en gang og ser vi at det stemmer med noe andre har funnet ut.

G2: Ja, det er nok ganske store forskjeller

G3: Ja, vi har vår fasit

Guttene trekker altså frem en veldig sentral forskjell mellom forskning og den vanligste typen elevforsøk; nemlig at forskerne ikke kan vite sikkert at resultatene deres stemmer, mens elevene har muligheten til å sjekke svarene de får opp mot en fasit. Videre sier elevene at deres oppgave egentlig bare er å avkrefte eller bekrefte noe som allerede er enten forkastet eller fastslått av noen andre. Dette med at forskerne ikke har noen fasit ble også trukket frem på en av de andre gruppene. Utdraget av diskusjonen gir også en pekepinn på at elevene veldig sjelden jobber med åpne oppgaver hvor det ikke finnes noen fasit. Slik de formulerer seg, virket det som om at alle forsøkene de har gjort har hatt et entydig resultat.

Ei av gruppene tror arbeidet til forskerne er nødt til å være mer spennende enn de forsøkene de selv gjør.

G2: Sikkert litt mer spennende. Nå er det jo bare helt opplagte ting vi sitter jobber med da i fysikk... Eller når du jobber med det så er det kanskje litt mer sånn overraskelser og litt mer nytt og litt mer

J2: Forsker på ting du ikke vet

G2: Ja. Ikke noen vits å sitte og forske på sånne ting som vi lærer på skolen.

Ut i fra dette utdraget av samtalen kan det virke som om elevene hadde satt pris på litt flere utfordrende forsøk hvor resultatene var ukjente både for læreren og elevene.

5.6.3 Mer avansert og komplisert

Ikke overraskende kommenterer de fleste gruppene at en av ulikhetene mellom det de holder på med og det forskerne gjør er at forskernes arbeid er mer avansert.

J1: Bare at vi gjør det på et litt enklere nivå da

G1: Vi har ikke akkurat funnet opp noen nye fysikklover her da.

Disse elevene ser tilsynelatende sitt arbeid som enklere og mindre betydningsfullt enn det forskerne jobber med. Ei jente på ei av de andre gruppene kommenterte at også forskerne har jobbet med enklere ting en gang.

J3: Jeg tenker sånn at det vi gjør er vel sånn de kanskje holdt på med for 2 - 300 år siden liksom. Det å finne de formlene og de sammenhengene, eller kanskje enda lengre siden, finne sammenhengen, men det er jo et sted å starte det og, og så bygger man jo opp og lærer seg masse teorier og så kan de bygge videre på de da. Så jeg regner med at forskerne har litt mer avanserte forsøk og sånn, men at hvis du først kan det grunnleggende så er det vel sikkert ganske lett å gå videre da.

De andre på gruppa er ganske raske til å nyansere påstanden ”ganske lett”, men alle er enige om at det nok er eklere å gjøre avanserte øvelser dersom de har gjort noen grunnleggende forsøk først.

Ei gruppe mente at noen av forenklingene de kunne gjøre i sine forsøk nok ikke gjøres innenfor forskningen.

G2: Ja det er jo sånn når vi gjør det så er det jo veldig enkelt og det er ikke så veldig virkelighetsnært for vi regner jo ikke med luftmotstand og sånne ting.

Dette utsagnet peker i retning av at elevene er oppmerksomme på at det i mange skoleforsøk gjøres antagelser og forenklinger som kan føre til at resultatene ikke ville holde innen forskningen. Dette står i kontrast til det at elevene hadde problemer med å finne svakheter ved modellene de hadde utviklet.

5.6.4 Utstyr

Utsagn fra flere av elevene indikerer at de regner med at forskerne arbeider med betydelig bedre utstyr enn det de selv har til rådighet i fysikktimene.

J: De har vel litt mer pro utstyr enn oss da. Tror ikke de står med datastudio og bare hæ

G2: Ja da har man jo alt sånn digitalt sånn som da kommer jo grafen automatisk opp på PC-skjermen og sånn så du slipper å sitte og knote og tegne for hånd.

Jenta kommenterer her et dataprogram som brukes på flere skoler i forbindelse med forsøk. Flere av elevene kritiserer dette programmet for å være litt vanskelig å ha med å gjøre, og jenta påpeker at hun ikke tror forskerne bruker dette programmet i sitt arbeid. En av guttene følger opp med å poengtere at han tror forskerne gjør ting digitalt, i motsetning til elevene, som må sitte og tegne grafene for hånd.

6 Diskusjon

Funnene og tendensene i resultatdelen blir her diskutert opp mot kapittel 2 ”Teori og bakgrunn” samt opp mot annen forskning på området.

6.1 Hva synes elevene om fysikkfaget?

Resultatene fra observasjonen og intervjuene peker nokså entydig i retning av at elevene liker faget fysikk. Det er dermed ingen grunn til å tro at eventuelle uventede eller negative svar på andre deler av undersøkelsen kommer av at elevene er grunnleggende misfornøyde med fysikkfaget.

6.2 Forsøk i skolefysikken

Under observasjonen ble det lagt merke til at elevene hadde unødvendig mange vanskeligheter knyttet til det å føre inn rapportene for forsøket på datamaskin. Spesielt hadde de problemer med å tegne inn grafene og få disse inn i rapportene. Det kunne virke som om gjennomføringen av øvelsene hadde gått raskere og hatt bedre fokus på det fysiske fenomenet som skulle undersøkes dersom elevene ikke hele tiden ble distraheret av at de ikke fikk til de tingene de ville gjøre på datamaskinen.

6.2.1 Hva synes elevene om å gjøre forsøk?

Det synes som om elevene liker å gjøre praktiske øvelser. Det gjennomgående inntrykket fra observasjonen og intervjuene var at elevene verdsatte denne undervisningsformen. De satte spesielt stor pris på den når de forsto forsøket de skulle jobbe med og hadde den nødvendige bakgrunnskunnskapen. Dette stemmer godt med resultater fra andre undersøkelser (Guttersrud, 2001; Schilling, 2006; , 2007).

Det at elevene liker å holde på med eksperimenter har i følge flere undersøkelser innvirkning på hvor mye elevene lærer av å jobbe med denne typen oppgaver:

”It became obvious again that positive emotions promote achievement. Interestingly, this is especially the case during the first phase of learning the new topic, where students need to be convinced that it is worthwhile to achieve the understanding intended.” (Duit et al., 2007, p. 607)

Ut i fra dette sitatet kan det virke hensiktsmessig å bruke forsøk til å introdusere nye tema. Dette stemmer imidlertid ikke med de overnevnte funnene i denne og andre undersøkelser (Angell et al., 2004; Danielsen, 2008; Schilling, 2007).

Når vi diskuterer hva elevene mener om forsøk, er det verdt å merke seg at elevene bare oppfatter den praktiske delen av øvelsen som å gjøre forsøk. Det vil ut i fra dette ikke være helt riktig å overføre hva elevene sier om elevøvelser til også å gjelde bearbeidning av innsamlede data fra forsøkene eller teoretiske oppgaver knyttet til dem.

6.2.2 Hva er hensikten med forsøkene?

Som nevnt i kapittel 2.3.2 er det ofte slik at elevene ikke har forstått den samme hensikten med undervisningen som lærerne har. Forskning har vist at dersom elevene har oppfattet formålet med undervisningen, er det mer sannsynlig at de oppnår de læringsmålene læreren har satt

(Lavonen et al., 2004; Leach et al., 2003; Lunetta et al., 2007). Det har også kommet frem at hva elevene skriver i rapporten fra forsøket er sterkt avhengig av hva elevene tror er hensikten med det (Campbell, Kaunda, Allie, Buffler, & Lubben, 2000). Det kan altså virke som om grunnen til at elevene skrev veldig lite om de matematiske modellene de kom frem til i de innleverte rapportene, var at de ikke hadde forstått at det å lage disse modellene var hovedpoenget med forsøkene.

Elevene var tilsynelatende nokså enige om at formålet med begge forsøkene som ble prøvd ut, var å repetere teorien de omhandlet. Andre grunner til å jobbe med praktiske øvelser hevdet de var å se hvordan teorien i boka fungerte i praksis og at de skulle forstå teorien bedre. Dette stemmer dårlig overens med den hensikten som ble satt opp da forsøkene ble utviklet. Selv om poenget med forsøkene i all hovedsak var å øve elevene i arbeid med empirisk-matematisk modellering, var det ingen av elevene som oppfattet at dette kunne være hensikten. I de 25 sitatene som omhandlet hva elevene trodde var lærerens hensikt med forsøket (se appendiks G) var det bare en som i det hele tatt nevnte at målet var at de skulle lage en modell. Tatt i betraktning at det ble opplyst om at forsøket var en del av prosjektet med modellering som elevene hadde deltatt i året før, og at det sto i begge elevveiledningene (se appendiks A og C) at hensikten var å lage en matematisk modell, var det overraskende at nesten ingen av elevene nevner at en arbeidsmetode eller modellering kan være formålet med øvelsene. Dette vitner om at elevene rett og slett ikke trodde at det å lære en arbeidsmetode kunne være en grunn til å gjøre noe. Dette misforholdet mellom lærerens hensikt med et forsøk og det elevene oppfattet som hensikten er dokumentert også i andre undersøkelser (Angell et al., 2003; Campbell & Wilson, 1998; Lunetta et al., 2007).

I motsetning til hva elevene sier, tyder forskning på at elevene ikke lærer mer teori av å gjøre forsøk, men det virker som de lærer noe om det å gjøre forsøk (Kind et al., 1999). Dette støttes i undersøkelsen til denne masteroppgaven av at klassen som sier de har gjort mange forsøk, er mer effektive i gjennomføringen av forsøkene enn klassene som har gjort veldig få forsøk.

Lavonen et al. (2004) viser til en rekke forskjellige undersøkelser når de antyder at det ofte er vanskelig for elevene å oppnå bedre forståelse og ferdigheter i løpet av arbeidet med forsøk. Dette sier de at kan komme av at lærere ofte bruker forsøk til å bekrefte teori elevene allerede har lært (Lavonen et al., 2004). Denne påstanden støttes her av elevene som sier at hensikten med forsøkene nesten alltid er å bekrefte en teori.

På intervjuene kom det frem at de fleste elevene satte pris på forsøk fordi de var en avveksling fra den vanlige undervisninga. Dette passer godt med at mange lærere bruker forsøk som en måte å motivere og engasjere elevene på (Kind et al., 1999; Wellington, 1998). Det kan altså virke som om lærerne har lyktes i å kommunisere denne delen av formålet med å bruke forsøk i undervisningen.

Når det er mulig å få elevene til å oppfatte denne hensikten med å gjøre forsøk, burde det også være mulig for lærerne å få elevene til å gå litt bort fra sin oppfatning av at de har forsøk for å bekrefte det som står i boka og over til læreplanens og lærernes hensikt, som blant annet, er å lære en arbeidsmetode.

6.2.3 Skolenes utstyrssituasjon

I arbeidet med det andre forsøket i undersøkelsen viste det seg at det var stor variasjon i hvor mye utstyr skolene hadde tilgjengelig til å gjennomføre fysikkforsøk. Den ene skolen hadde

utstyr nok til at en hel klasse kunne gjøre eksperimentet samtidig. Den andre skolen hadde bare utstyr nok til én gruppe. Denne skolen fikk låne utstyr slik at to grupper fikk gjennomført forsøket.

Denne variasjonen i hvor mye og hva slags utstyr skolene har til disposisjon er også dokumentert av Norsk Fysikklærerforening (R. V. Olsen, 2006). I et brev til Kunnskapsdepartementet kommenterer de denne forskjellen og argumenterer for at skolene må få midler til å oppgradere utstyret sitt. Forskjellene skolene i mellom må kartlegges for å kunne til å redusere disse ulikhetene (R. V. Olsen, 2006).

Elevenes utsagn etterlater ingen tvil om at begge de to aktuelle skolene, trengte en omfattende oppgradering av materiellet de hadde tilgjengelig for fysikkforsøk. Elevene gav inntrykk av at de var vant med at utstyret ikke fungerte eller fungerte dårlig. De samme resultatene fant Guttersrud i sin undersøkelse fra 2001 (Guttersrud, 2001). Dette kan peke i retning av at det har skjedd lite på denne fronten i løpet av de sju årene mellom undersøkelsene.

I og med det at det er en sammenheng mellom tilgangen på utstyr og hvor ofte lærerne legger opp til praktiske eksperimenter (Almendingen et al., 2003), burde det ha vært en selvfølge at alle skolene i landet hadde tilgang på godt utstyr i tilstrekkelige kvanta. Det at skolene har begrensede midler burde ikke føre til at elevene ikke får en fullverdig fysikkundervisning.

6.2.4 Forsøk med empirisk-matematisk modellering kontra andre typer forsøk

Når det her er satt et skille mellom elevforsøk som innebærer empirisk-matematisk modellering og andre former for praktisk arbeid, er det interessant å sjekke om elevene har oppfattet dette skillet. Det viste seg raskt at som en konsekvens av at denne undersøkelsen omhandler elever som har deltatt i FYS 21-prosjektet både i andre og tredje klasse, har de gjort veldig få klassiske elevforsøk. På direkte spørsmål er det få som kan komme på at de i det hele tatt har gjort noen andre forsøk enn modelleringsforsøkene. Det er dermed rimelig å anta at det aller meste elevene sier om forsøk generelt i fokusgruppene også handler om forsøk med empirisk-matematisk modellering.

På spørsmålet om forskjellen mellom modelleringsforsøk og andre elevøvelser, kom det frem fra en av de få som hadde noen formening om dette, at det er en forskjell i hvordan rapporten skrives. Mens det i ordinære skoleforsøk er nok å få gjort noen målinger som kan være begrunnelse for en konklusjon, må elevene i modelleringsøvelsene jobbe med de målingene de har samlet inn.

Denne observasjonen fra elevene går rett inn på kjernen i modelleringstankegangen. Elevene gjør ikke forsøk primært for å reprodusere allerede kjente resultater. De skal gjøre det for selv å måtte tenke gjennom resultatene de finner og prøve å se sammenhenger mellom det de erfarer og teorien i fysikken.

En annen forskjell mellom øvelser med empirisk-matematisk modellering og andre forsøk er at modelleringsforsøk ofte tar lengre tid. Elevene trenger god tid til å vurdere svarene sine og komme frem til en modell. Denne masteroppgaven i lag med resten av FYS 21-prosjektet viser imidlertid at det er fullt mulig å gjøre modelleringsøvelser på under 90 minutter. Dette står i kontrast til modelleringsopplegget lagt frem av Wells et al. (1995). Opplegget de legger frem er betydelig mer tidkrevende og legger opp til at elevene skal jobbe i flere uker med den samme modellen.

6.3 Forsøket "Horisontale kast fra bøtte"

De mest åpne undervisningsoppleggene er de med størst fallhøyde (Kind et al., 1999). I dette forsøket var det lagt opp til at elevene skulle anvende noe av kunnskapen de hadde om horisontale kast på en oppgave som var nokså ulik alt det de hadde gjort tidligere. Det var heller ikke satt opp noen fremgangsmåte for hvordan elevene skulle regne. Det viste seg at dette ble i vanskeligste laget.

6.3.1 Hvordan gikk gjennomføringen av forsøket?

Ut i fra resultatene virker det som elevene likte denne elevøvelsen. De likte at det ikke lignet på noe de hadde gjort tidligere. Det var tydelig at dette ga elevene ideer til å prøve ut forskjellige ting ut i fra hvordan mange lekte med utstyret og prøvde varianter som ikke var nevnt i oppgaveteksten. En mulig grunn til at elevene eksperimenterte kan være at utstyret var så lite komplisert. Elever som prøver seg frem med ei vanlig vaskebøtte med vanlig vann i skolegården, trenger ikke være forsiktige eller redde for at de skal ødelegge det skjøre og allerede hardt prøvede utstyret skolen har til å gjøre forsøk. En annen klar fordel med ei bøtte med vann er at det er ikke noe her elevene ikke forstår. Alle komponentene er akkurat det de ser ut som og elevene har god kjennskap til dem fra før. Det er dermed ingenting som står i veien for forståelsen.

Det at noen av elevene trekker frem som positivt at de kunne gjøre alt selv kan tyde på at de føler at dette er mer givende enn å se på at læreren gjør demonstrasjonsforsøk. Dette stemmer godt med Kind et al. (1999) som hevder at elevene selv må gjennomføre øvelsene for å lære noe om å gjøre forsøk, til dette kan det ikke brukes lærerdemonstrasjoner.

Den problematiske delen av dette forsøket var teoridelen. Mange av elevene hadde vanskeligheter med å finne ut hvordan de skulle regne ut hastigheten til strålene. I mangel av noe bedre, valgte de å bruke den formelen som var oppgitt i oppgaveteksten selv om det var presisert at de skal undersøke om denne modellen var en mulig løsning, og at de slett ikke kan bruke den direkte. Det var også problematisk at det var så mye regning i oppgaven at det ble for lite tid til å diskutere fysikken.

6.3.2 Hva lærte elevene av forsøket?

Observasjonene og rapportene tyder på at de aller fleste elevene forsto at det var det hullet som både hadde et visst trykk og en viss høyde som kom til å gi den lengste strålen. Dette samsvarer delvis med resultatene på TIMSS oppgaven fra 1995 som handler om vannstråler som renner ut på siden av en flaske. På denne oppgaven svarer 83 % av de norske elevene at trykket vil øke jo lengre ned i flasken de kommer, men 59 % tror at det er den nederste strålen som vil komme lengst (Angell et al., 1999, p. 124). Med bakgrunn i TIMSS resultatene virker det enda tydeligere at gruppa som snakket om at svaret, som de kom frem til i forsøket, var logisk bare snakket om den delen av øvelsen som handlet om hvilken stråle som gikk lengst.

Séré har sett på problemer knyttet til bruk av praktisk arbeid i undervisningen og konkluderer med at: "The foremost identified problem was that embracing too many objectives in one session leads to failure" (Séré, 2002, p. 626). Dette kom tydelig frem i dette forsøket. Det at elevene både skulle finne ut hvilken stråle som gikk lengst og lage en matematisk modell for hastighetene til strålene ble tilsynelatende litt for mye på en gang. Det virket også som om oppgaveteksten inneholdt for mye informasjon. Dette førte til at elevene ble mer villedet enn veiledet. Dette stemmer med Lunetta et al. (2007) sin oppfatning av at utformingen av

oppgavetekster og annet materiell som deles ut til elevene, vil ha stor betydning for elevenes læringsutbytte.

"The nature of the guidance the teacher and the curriculum materials provide for the students is very important to the learning that occurs." (Lunetta et al., 2007, p. 396).

Dette sitatet stemmer godt overens både med det som ble observert og det som kom frem i intervjuene. Det ble ganske raskt klart at elevveiledningen til dette forsøket inneholdt for mye informasjon. Elevene klarte ikke å forstå hva de skulle med all informasjonen som ble gitt. En følge av dette var at mange brukte de oppgitte opplysningene feil, og det er grunn til å tro at læringsutbyttet ble noe begrenset.

Enkle tiltak som kunne ha bidratt til å øke elevenes læring på dette forsøket kunne være å ta vekk den delen av forsøket som handlet om å finne ut hvilken stråle som gikk lengst. Dette ville ha ført til et økt fokus på modelleringsdelen av oppgaven og tatt vekk noe av problemet med at oppgaven var for omfattende. Et annet tiltak kunne være å utlede formelen elevene trenger for å kunne beregne hastigheten til vannet ut av hullet ved hjelp av formlene for horisontale kast. Ved å legge frem den formelen elevene skal bruke, minsker faren for at de bruker formelen for fritt fall som de skal sjekke om passer. Denne endringen av oppgaven vil imidlertid ta vekk ganske mye av utfordringen som ligger i oppgaven. Etter denne forandringen vil ikke elevene lengre ha mulighet til å bruke det de kan om horisontale kast i tyngdefeltet og det er en viss fare for at elevene sitter igjen med et inntrykk av at de bare skal fylle inn tall uten at de trenger å tenke.

6.4 Forsøket "Kraften på en strømførende leder i et magnetfelt"

Etter forsøket med vannet som rant ut av hull i siden av en bøtte, fremstår dette forsøket som litt traust, og det virker betydelig likere den typen øvelser elevene har gjort mange av. Dette bidrar til å gjøre forsøket en god del enklere enn det andre, men dessverre kanskje også litt kjedeligere.

6.4.1 Hvordan gikk gjennomføringen av forsøket?

Denne øvelsen ble i all hovedsak gjennomført med skolens eget utstyr. Det eneste utstyret som ble utlånt til dem, var spolene som var spesiallaget til forsøket. Det å bruke skolens strømkilder og vekter førte til en del problemer som er diskutert i avsnittet om skolens utstyrssituasjon (kapitel 2.3.4).

Oppgaveteksten til dette forsøket fungerte godt. Elevene hadde ingen problemer med å finne ut hva de skulle gjøre og få problemer med å finne ut hvordan de skulle gjøre det. Som ventet var det mange som trengte hjelp til å slå sammen de to modellene de hadde kommet frem til, slik at de fikk en samlet modell for sammenhengene de skulle se på, men dette løste seg greit da de fikk litt veiledning.

Elevene virket ikke like lekne da de jobbet med dette eksperimentet som da de holdt på med det forrige forsøket. Det kan komme av at de nå måtte forholde seg til skolens nedslitte utstyr. Tatt i betraktning alle feilkildene elevene i rapportene og under intervjuene knyttet til utstyret, var det ikke overraskende at de ikke turte å eksperimentere litt med det. De var nok redd for å ødelegge det. En annen årsak til at elevene ikke prøvde på noe utenom oppgaven i dette forsøket kan være at de ikke kjente godt nok til hvordan de forskjellige komponentene i oppsettet virket. Dermed følte de seg ikke trygge på å tukle med dem. Det kan også hende at

en del av forklaringen på at elevene ikke eksperimenterer ut over forsøkets rammer, var at de ikke følte seg helt komfortable med strøm og spenning. Dette er størrelser de ikke kan se og som de er vant til å være forsiktige med. Alle har lekt med vann, noe som gjør bøtteforsøket ufarlig. Og alle har fått beskjed om at det er livsfarlig å leke med strømmen i stikkontakten. Dette henger nok litt i elevene når de jobber med laboratorieøvelser med elektrisitet.

En interessant observasjon som ble gjort i forbindelse med dette forsøket, var et eksempel på at elevene faktisk prøvde å bruke den teorien de kunne på et praktisk problem. Under en av gjennomføringene av forsøket prøvde en av gruppene å bestemme hvilken vei de skulle sette spolen ved hjelp av høyrehåndsregelen.

6.4.2 Hva lærte elevene av forsøket?

Dette forsøket var tilsynelatende enklere enn forsøket med bøttene. Elevene hadde følgelig bedre forutsetningen for å få det til og også lære noe av det. Sammenhengene de skulle finne var lineære, og det var få problemer med unøyaktige målinger. Det var derfor ganske lett å se hvilken type modell elevene burde velge. Dette minnet om forsøk elevene hadde gjort før og bidro til at forsøket ble enklere.

Den vanskelige delen av denne oppgaven var å kombinere de to uttrykkene. Her viste det seg at gruppene som hadde en lærer å diskutere med mens de resonnererte seg frem til hvordan de skulle slå sammen de to uttrykkene til en samlet modell for kraften på en strømførende leder i et magnetfelt, fikk en god forståelse av hva de hadde gjort og dermed hadde et godt læringsutbytte av forsøket. Bruken av språk og felles resonnementer diskuteres videre i kapittel 6.6.

6.5 Forsøk med empirisk-matematisk modellering

Et utgangspunkt for denne undersøkelsen var en tro på at empirisk-matematisk modellering kunne medvirke til å forbedre undervisningen og føre til økt læring blant elevene. Denne troen blir forsterket av utsagn fra andre som har sett på bruk av empirisk-matematisk modellering i undervisning.

”Objective evidence shows that the modelling method can produce much larger gains in student understanding than alternative methods of instruction” (Wells et al., 1995, p. 606)

Visse resultater i denne masteroppgaven kan støtte denne påstanden, men ikke uten forbehold.

6.5.1 Hva syntes elevene om forsøk med empirisk-matematisk modellering?

Det virket som om elevene var positive til forsøk med empirisk-matematisk modellering. Dette kan nok sees i sammenheng med at de også er positive til forsøk i sin alminnelighet. På samme måte som for forsøk generelt sier elevene at en forutsetning for at de liker å arbeide med modellering, er at de skjønner fysikken de holder på med og forstår selve forsøket.

Mange av elevene sier at de synes øvelser med modellering er vanskelig. Da modelleringsforsøk krever at elevene behersker overgangene mellom flere representasjonsformer, er dette ikke overraskende. Dolin (2002) og Guttersrud (2007) trekker frem disse overgangene mellom forskjellige representasjonsformer som en av hovedgrunnene til at fysikkfaget oppfattes som vanskelig.

Elevene ser ikke ut til å bli mer negative til modellering selv om de synes det er vanskelig. Noen kommenterer at grunnen til at modellering er mer krevende enn andre forsøk er at det forutsetter en bedre forståelse av det fenomenet de holder på med. Enkelte sier videre at dette kravet om bedre forståelse fører til at de lærer mer. Dette er i tråd med utsagn fra blant annet Wells (1995) og Dolin (2002).

Det har vært hevdet at modelleringsøvelser må være ekte modellering hvor den matematiske modellen elevene skal finne må være ukjent (Angell et al., 2005; Hodson, 1993). Elevene som deltok i undersøkelsene i forbindelse med denne masteroppgaven var litt delt i oppfatningene omkring hvorvidt modellen burde være ukjent. På den ene siden mente enkelte at det ville gjøre øvelsene mer interessante mens andre mente at øvelsene hadde blitt enda vanskeligere dersom modellen var ukjent.

På spørsmålet om modellering er vanskelig, er det spesielt et svar det er verdt å få med seg. Ei av gruppene sier at modellering ikke er vanskelig lengre siden de har fått så mye trening med det i løpet av den tiden de har deltatt på FYS 21-prosjektet. Det betyr altså at elevene føler de har blitt flinkere i løpet av prosjektet. All treningen på modellering gir tydeligvis resultater. Dette har også vært nevnt tidligere i forbindelse med Kind et al. (1999) sin påstand om at elevene blir flinkere til å gjøre forsøk ved å gjøre forsøk.

6.5.2 Matematikken i modelleringsøvelsene

Et problem i forbindelse med matematikken i modelleringsøvelsene er at det er fort gjort å overvurdere elevenes matematikkunnskaper. I forbindelse med utviklingen av det første forsøket, var det forventet at elevene skulle kunne kjenne igjen en kvadratrotfunksjon. Ut i fra hvilke matematikkunnskaper læreplanene legger opp til at matematikkelever har det siste året av videregående skole, burde dette være innen rekkevidde. Det var imidlertid slett ikke så lett som forskningsgruppa hadde trodd. En mager trøst er at Michelsen (2003) sier at de aller fleste fysikklærere gjør den feilen at de antar at elevene kan bruke matematikkunnskapen sin i fysikkundervisninga. Han fortsetter med å antyde at elevene egentlig ikke lærer hva matematikken betyr før de bruker matematikken i problemstillinger innenfor fysikk (Michelsen, 2003). Dette kan være med på å forklare hvorfor elevene hadde betydelig mindre problemer med det andre eksperimentet. Elevene hadde nemlig masse erfaring med lineære grafer fra hoveddelen av FYS 21-prosjektet.

Elevene syntes det var vanskelig å tegne grafer og de forsto ikke til fulle hva disse grafene egentlig fortalte dem. På noen av kommentarene kan det virke som om elevene ser det som et enklere alternativ å finne uttrykket uten å finne grafen først. Dette stemmer med funn fra Guttersruds (2007) undersøkelse hvor det hevde at elevene forholder seg enten til den abstrakte verden med en konseptuell eller matematisk representasjon av fenomenet de skal studere eller til den "virkelige" verden hvor de har den eksperimentelle representasjonen av fenomenet. Mangelen på en grafisk representasjon til å knytte sammen den virkelige og den abstrakte verden kan tyde på at elevene har problemer med å se sammenhengen mellom det virkelige fenomenet og de abstrakte representasjonene av det (Guttersrud, 2007).

Når elevene ikke forstår grafenes verdi og heller ikke helt forstår hva grafene betyr, er det slett ikke uventet at de har problemer med å finne formlene, eller modellene, de skal komme frem til. Disse modellene er jo tross alt et forsøk på å lage et matematisk uttrykk som beskriver grafen. Det er opplagt at elever som ikke har forstått grafen, vil ha problemer med å lage en modell for den. Igjen synes det som om elevene har problemer med fysikkens mange forskjellige representasjonsformer. I FYS 21-prosjektet ble det lagt opp til at elevene skulle

finne den matematiske representasjonen for et fenomen ved å studere den grafiske representasjonen (Guttersrud, 2007). Dette blir vanskelig når elevene ikke klarer å se sammenhengen mellom den grafiske representasjonen og selve fenomenet. Ut i fra data samlet inn i forbindelse med hoveddelen av FYS 21-prosjektet, kan det imidlertid virke som om undervisning i modellering med fokus på overgangene mellom forskjellige representasjonsformer kan bøte på noe av dette problemet (Guttersrud, 2007).

En amerikansk undersøkelse på elever mellom 16 og 18 år som har valgt fysikk, tyder på at elevene ikke helt forstår det kartesiske koordinatsystemet som ligger til grunn for grafene og modellene deres. De har videre problemer med å relatere punktene i grafen med det opprinnelige datamaterialet. De amerikanske elevene hadde også vansker med å finne et matematisk uttrykk for grafen som passet til de innsamlede dataene (Erickson, 2006). Disse resultatene samsvarer godt med det som kom frem i denne masteroppgaven.

Barton (1998) påpeker at grafer bare et verktøy for å oppnå et mål. Den eneste hensikten med plotting av grafer er at de gjør det enklere å tolke data. Videre sier han at tegning av grafer er et av skolens viktigste virkemidler for å vise sammenhengen mellom data som er samlet inn i en praktisk øvelse og de abstrakte teoriene og begrepene som brukes innen vitenskapen (Barton, 1998).

Det at elevene har problemer med å tegne grafene og velger feil når de skal bestemme hvilken akse de skal ha variabelen langs, stemmer med resultater funnet i flere andre undersøkelser (Barton, 1998; Guttersrud, 2001). Barton (1998) argumenterer for at mange av disse problemene ville ha blitt mindre dersom elevene tegnet grafene på datamaskin. Resultatene her tyder på at elevene er litt skeptiske til å bruke datamaskinen i denne sammenhengen. Det ble blant annet kommentert at det er bedre å gjøre ting for hånd for da forstår de bedre hva som skjer. Modellering ved hjelp av digitalt utstyr som dataloggere, kan imidlertid ha mange fordeler, noe som kommer frem blant annet i en studie utført av Danielsen (2008).

Ut i fra arbeidsmåten til elevene og tidsbruken deres synes det som om de kunne ha god nytte av å lære seg hvordan de lager grafer og bruker regresjon på datamaskinen. Dette ville ha vært tidsbesparende i forhold til slik elevene jobbet med først å skrive ned alle målepunktene på papir, så legge dem inn på kalkulatoren for å bruke regresjon for å finne en modell, og til slutt legge alt sammen inn på datamaskinen for å få det inn i rapporten som skulle leveres til læreren. Ved å lære seg å gjøre all regninga og tegninga på data, ville både lærere og elever ha spart tid ved at elevene gjorde mindre dobbeltarbeid. Det ville de sikkert også ha satt pris på å slippe. Elevene ville samtidig fortsatt hatt kontroll på hva som egentlig ble målt i forsøket slik at de ikke mistet noe av forståelsen og overblikket de ville hatt dersom de gjorde alt for hånd og med kalkulator.

Selv om Barton (1998) er betydelig mer positiv til å bruke datamaskin til å tegne grafene enn det er belegg for å konkludere med her, kommer han frem til at elevene trenger noen ledende spørsmål fra læreren for å komme i gang med å tolke hva grafene og de uttrykkene de har kommet frem til egentlig betyr. Det at elevene trengte noen ledende spørsmål for å initiere tolkningen var tydelig også i vår undersøkelse.

Albe et al. (2001) kommenterer at det virker som om elevene mye heller vil holde på med "automatiske algebraiske prosesser" enn å diskutere og reflektere over hva som egentlig skjer i det de regner på. I min undersøkelse kommer dette klart til uttrykk i forsøket om vann som rant ut av siden på en bøtte. Dersom elevene hadde tenkt seg om og snakket med hverandre,

hadde de nok raskt konkludert med til at de ikke hadde dekning for å regne hastigheten til vannet som om det falt fritt i tyngdefeltet selv om formelen for dette stod oppgitt i oppgaveteksten.

6.6 Hvordan jobber elevene med oppgaver med empirisk-matematisk modellering?

Nøkkelen til å forstå hvorfor elevene gjør som de gjør når de jobber med praktiske forsøk, ligger i å finne ut hvordan de resonnerer når de løser oppgavene. Viktige elementer for å få innblikk i hvordan elevene resonnerer er språket elevene bruker, hvordan elevene jobber og tenker i lag, hvordan de angriper oppgavene og ikke minst hva de ikke snakker om.

6.6.1 Potensialet til å jobbe i lag og samtalen mellom elevene

Kelly og Crawford (1996) argumenterer for at vi ved å studere språket og samtalen mellom elever som jobber i lag på en gruppe i forbindelse med en praktisk laboratorieøvelse, kan finne ut noe om hva elevene lærer og hvordan de lærer dette. Følgelig har vi sett på hvordan elevene snakker sammen rundt forsøkene for å prøve å si noe om hvilket utbytte elevene har av å jobbe med empirisk-matematisk modellering.

Elevene samtaler lite om løsningen av oppgaven. Dette er tydelig både fra observasjonen og intervjuene. I det den praktiske delen av forsøket er over, går de hver til sitt for å jobbe alene. Det virker rett og slett som om de ikke ser verdien av å samarbeide og resonnerer i lag. Dette er et resultat som også har kommet frem i andre undersøkelser (Watson, Swain, & McRobbie, 2004). Dette bekreftet også en av guttene da han sa at de aller fleste bare satt og pratet og at han regnet med at de hadde tenkt å gjøre oppgaven seinere. Den samme holdningen til at oppgavene kan løses på egenhånd hjemme, fant Séré i forbindelse med sin undersøkelse:

"Quite often, students think that data analysis is not part of the labwork session: they say that it can be done at home, using routine algorithms" (Séré, 2002, p. 636).

Watson et al. (2004) antyder at en hovedgrunn til at elevene ikke diskuterer oppgavene eller resultatene er at de betrakter praktiske elevøvelser som rutinearbeid.

Samtidig er det eksempler, både fra observasjonen og intervjuene, på at når elevene blir presset til det, er de fullt i stand til å resonnerer i lag. På et av intervjuene jobbet noen av elevene seg frem til løsningen på oppgaven uten hjelp fra moderator eller lærer bare ved å diskutere og utnytte at de forskjellige elevene hadde fått med seg ulike deler av teorien de hadde lært tidligere. Det at elevene diskuterer resultatene sine innad på gruppa og med andre grupper når de jobber med laboratorieforsøk har i andre undersøkelser vist seg å kunne føre til en markant forbedring av elevenes læring i forbindelse med forsøket (Alexopoulou & Driver, 1996; Cox & Junkin III, 2002).

I forbindelse med gjennomføringen av det første forsøket, viste det seg at den klassen som fikk tid til å lese gjennom oppgaveteksten på skolen før de begynte på eksperimentet, diskuterte betydelig mer enn elevene i de andre klassene. Det kan derfor se ut som det er lurt å la elevene bruke litt tid på å lese oppgaven på nytt. Noen minutter til lesing på starten av undervisningsøkten betalte seg i form av at elevene snakket om forsøket da de satte i gang, og de husket hva de skulle gjøre.

Cox og Junkin III (2002) ser i sin studie at elevene som bruker diskusjon systematisk i forbindelse med laboratorieøvelser, blir flinkere til å kommunisere. Deres evne til å tenke kritisk blir forbedret, og de blir dyktigere til å overføre det de kan om et begrep i en situasjon til andre situasjoner. Men for å oppnå disse resultatene må elevene øves i å diskutere begrepene og situasjonene som oppstår i løpet av en elevøvelse. Det er også helt sentralt at læreren legger opp til denne typen diskusjon ved å stille de riktige spørsmålene og ved å sette grupper som har blitt enige om forskjellige ting opp mot hverandre (Cox & Junkin III, 2002).

Forsøk av den typen som er beskrevet i denne masteroppgaven legger opp til at elevene skal samarbeide både på den praktiske og den teoretiske delen av oppgaven. Når det i resultatdelen (se kapittel 5.2.5) kom frem at elevene i liten grad samarbeider, stemmer det godt med funn gjort av Guttersrud (2001), som ut i fra sin undersøkelse påpeker at elevene ikke en gang nevner mulighetene praktisk arbeid byr på når det kommer til samarbeid mellom elevene.

6.6.2 Samtalen mellom læreren og elevene

Læreren spiller en viktig rolle i å legge til rette for læringen til elevene i forbindelse med forsøk med empirisk-matematisk modellering. Lunetta et al. (2007) antyder at det må gjennomtenkte samtaler med en kunnskapsrik lærer til for at elevene skal kunne finne resultater som videre kan knyttes til vitenskapelige begreper. Det viste seg flere ganger i løpet av observasjonen og intervjuene at elevene kunne diskutere sine egne resultater, resonnerer seg frem til mulige løsninger og vurdere disse løsningene så lenge læreren eller moderatoren på intervjuene stilte de riktige spørsmålene. Som tidligere nevnt, var dette veldig tydelig på forsøket om kraften på en strømførende leder i et magnetfelt.

Séré et al. (2001) har sett på hvilken oppfattelse elevene har av naturvitenskapen i forbindelse med laboratoriearbeid. Deres undersøkelse kommer blant annet frem til at lærerne burde utvikle spørsmål som har som formål å få elevene til å reflektere over fornuftsgrunnlaget til laboratorieøvelsene. Med bakgrunn i dataene samlet inn til denne masteroppgaven, er det lett å stille seg bak denne anbefalingen.

Vygotsky omtaler dette at elevene er i stand til å hente frem og bruke mer kunnskap i lag med læreren enn de klarer på egenhånd som *Zone of Proximal Development* (Scott, Asoko, & Leach, 2007). Ut i fra resultatene her kan det virke som det også fins en *zone of proximal development* når elevene diskuterer resultatene seg i mellom, men at lærerne er nødt til å hjelpe elevene inn i denne sonen.

6.6.3 Bruken av fagord og faglige uttrykk

Det har tidligere vært påpekt at nesten alle elevene mener hensikten med forsøkene er å vise at de som står i boka stemmer, de skal altså bare bekrefte teorien. Til tross for dette er det veldig lite bruk av teori når elevene snakker om forsøket etterpå. Etter å ha søkt gjennom intervjuene, ble det funnet at bruken av begreper relatert til teorien rundt forsøkene var stort sett fraværende. Dette gjalt spesielt på forsøket om kraften på en strømførende leder. Funnene til Séré (2002) peker også i retning av at elevene i liten grad bruker de riktige begrepene om et fenomen når de jobber med eksperimenter som relaterer seg til fenomenet. Det kan virke som om elevene dårlig behersker den verbale representasjonen av fenomenene de skal studere.

Den verbale representasjonen av et fenomen er viktig. Mortimer og Scott (2003) går så langt som til å si at dersom elevene ikke kan si med ord hva det er de kan, så kan de det ikke ordentlig. Noe av den samme holdningen finnes også hos Kelly og Crawford som sier:

"... understanding scientific concepts requires being able to use the vocabulary of science properly in meaningful conversations." (Kelly & Crawford, 1996, p. 694)

Ut i fra dette virker det som elevene egentlig ikke kan begrepene før de er i stand til å bruke dem i fornuftige samtaler om temaet begrepene er knyttet til. Det er ikke meningen at elevene skal formulere seg som forskere, men de skal være i stand til å diskutere sine egne eksperimenter. Elevene diskuterte den første delene av forsøket om vann som rant ut siden på en bøtte nokså problemfritt. I forsøket om kraften på en strømførende leder i et magnetfelt virket det som om begrepsforståelsen ikke var god nok til at elevene turte å bruke begrepene til å diskutere fenomenet. At elevene hadde vansker med begreper og andre representasjonsformer knyttet til magnetfelt og elektrisitet er i samsvar med funn fra en fransk undersøkelse (Albe et al., 2001).

Det var tydelig at elevene synes begrepene forbundet med forsøket om kraften på en strømførende leder i et magnetfelt var problematisk. Faglige begreper, som induksjon og induksjon forekom nesten ikke. Den ene gangen ordet induksjon blir nevnt, kommer det som en slengbemerkning til en diskusjon om hva som kan ha ført til problemet gruppa hadde med at vekta ikke ville stabilisere seg på en verdi. Etter at ei av jentene hadde gitt induksjon skylda for problemet lo hele gruppa. Tatt i betraktning at klassen nettopp hadde hatt prøve om blant annet induksjon, kunne det virke som om dette var et begrep de fleste ikke hadde forstått og som de nå på fleip trakk frem for å forklare andre ting de heller ikke helt forstod. Saglam og Millar (2006) opplevde den samme håndteringen av begreper i sin undersøkelse og så det som et utslag av elevenes manglende selvtillit innenfor temaet. Denne manglende selvtilliten fikk elevene til å gjette i stedet for å bruke det de kunne til å resonnerer fornuftig (Saglam & Millar, 2006).

Dette står i kontrast til forsøket med vannet som rant ut av hull på siden av en bøtte. Her snakket alle elevene om trykk og trykkendring og hvordan dette påvirket farten til vannet. Det synes som om elevene føler seg mye mer sikker på å bruke begrepene når de selv kan se fenomenet det dreier seg om. Det er også opplagt at begreper som fart og trykk har vært kjent for elevene mer eller mindre hele livet. Og selv om de nok er mindre vant med å snakke om trykk enn om fart, så er trykk noe de har kjent på kroppen hele livet. At trykket øker jo dypere ned i vannet de kommer, kjenner barn ganske fort i ørene når de lærer seg å ha hodet under vann.

Induksjon, derimot, er et ord de fleste elevene ikke forbinder med noe annet enn en type komfyrer. Hvis de i det hele tatt har hørt ordet før de begynner med fysikk. Det er sannsynlig at de fleste elevene ikke har noen bevisst erfaring med induksjon før de kommer til fysikkundervisningen i videregående skole, og det er nok ingen elever som har den samme intuitive oppfattelsen av hva induksjon er som det de har av fart og trykk.

Flere har argumentert for at å beherske begrepene som brukes innen et fagfelt er et slags mål på hvor godt en elev har forstått fagfeltet (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; Mortimer & Scott, 2003). Når elevene i så liten grad bruker ord som induksjon som de faktisk gjorde idet andre forsøket, kan det være et signal på at de ikke helt forstår hva induksjon er. Samtidig viser deres uanstrengte bruk av ordene trykk og fart at dette er fenomener de mener å kjenne.

6.6.4 Hvordan resonnerer elevene når de jobber med oppgaver med empirisk-matematisk modellering?

Tobin (1990) antyder at det har vært gjort alt for lite forskning på hvordan elevene resonnerer når de jobber med praktiske oppgaver. Følgelig har det ikke vært gjort mye forskning på hvordan elevene tenker når de jobber med empirisk-matematisk modellering. Når det kommer til hvordan elevene resonnerer på modelleringsoppgaver generelt, bør det nevnes at en av de andre studentene ved skolelaboratoriet i fysikk, Mozghan Mahmoudy, holder på med en masteroppgave om hvordan elever resonnerer når de arbeider med teoretiske modellerings spørsmål.

Både under intervjuene og i observasjonen virket det som om begrunnelsen for å velge en matematisk modell i all hovedsak lå i at det var den modellen kalkulatoren kom med best regresjon til. Nesten ingen av elevene kom inn på hva valget av modell ville bety utenfor det området målepunktene kom fra. Dette samsvarer med funn fra Tiberghien et al. (2001) som kommer frem til at elevene i sine svar på oppgaver knyttet til laboratoriearbeid bare forholder seg til den delen av "verden" oppgaven eksplisitt er relatert til.

En av grunnene til at elevene diskuterer dette lite kan være at de har for dårlig kunnskap om grafer. Inntrykket av at elevene manglet erfaring med å forholde seg til grafer kom fra observasjonen av den eneste gruppa som diskuterte hvilken modell de skulle velge for hastigheten til vannet som rant ut av bøtta. Denne gruppa resonnererte fornuftig rundt hvordan de trodde hastigheten til vannet kom til å endre seg dersom trykket økte. De viste en klar forståelse av hvordan systemet kom til å utvikle seg fysisk. Da de skulle velge en matematisk modell som skulle passe til det de hadde resonnerert seg frem til, valgte de en modell som ville føre til akkurat det motsatt av det de hadde blitt enige om. Der de med ord og forklaringer hadde bestemt seg for en modell som kan beskrives med en kvadratrotfunksjon, var alle på gruppa enige om at en andregradsfunksjon ville oppfylle de kriteriene de hadde kommet frem til. Gruppa hadde altså kontroll på fysikken, men de klarte ikke å oversette det de kunne til matematikk. I en fransk undersøkelse som kom frem til de samme resultatene konkluderer de:

"We could therefore say that for these students there is a lack of clarity between the verbal explanation of the physics phenomenon and the interpretation of the mathematics formula."
(Albe et al., 2001, p. 201)

Denne oversettelsen fra fysikk til matematikk er det mange som har sagt er vanskelig (Dolin, 2002; Erickson, 2006; Guttersrud, 2007).

Elevene brukte altså regresjon på kalkulatoren til å komme frem til sine matematiske modeller. Erickson (2006) argumenterer for at dette er en ugunstig fremgangsmåte fordi elevene ikke blir utfordret nok på hva som skjer når de endrer forskjellige parametere i ligningene. Tatt i betraktning at elevene snakker veldig lite om hva som skjer med modellene deres utenfor området hvor målepunktene er tatt, og at bare noen få av gruppene har latt grafene gå gjennom origo, kan det virke som om de hadde hatt bruk for å bli litt mer utfordret på hva som skjer dersom parametrene endres.

Det at elevene gir kalkulatoren all æren for modellene de kommer frem til, er en annen pekepinn på at Erickson har rett når han sier at bruk av regresjon på kalkulatoren ikke er den mest hensiktsmessige måten for elevene å jobbe på. Et problem ved at elevene gir kalkulatoren såpass mye av æren for modellene, er at det ikke virker som elevene ser verdien av det arbeidet de selv gjør. Elevene må jo tross alt velge mellom de forskjellige modellene

kalkulatoren tilbyr, et valgt som burde være begrunnet i det fysiske fenomenet modellen skal beskrive. Det at elevene tror at den matematiske modellen følger automatisk av dataene som er samlet inn, samsvarer med funn fra en engelsk undersøkelse (Leach et al., 2003).

Også det at de snakker om det å finne modellen som ”egentlig mest matte” gir en følelse av at de ikke ser på det å utvikle modellen som noe som krever kreativitet og tankearbeid. De antyder at modellen bare er en automatisk konsekvens som følger logisk av dataene. Dette viser at elevenes bilde av hvordan vitenskapsfaget fysikk utvikler seg ikke stemmer med hvordan det faktisk gjør det. Så lenge det er et mål at elevene skal ha kunnskap om fysikkfagets utvikling og hvordan kunnskapen har blitt utviklet er de nødt til å lære at forskning innen fysikk krever kreativitet og oppfinnsomhet i tillegg til kunnskap om de sammenhengene i naturen som allerede er godt kjente. Kelly og Crawford (1996) poengterer at det er sentralt at elevene forstår at vurderingen og diskusjonen rundt dataene er like viktig som selve datainnsamlingen. Det er tolkningen av dataene som utgjør selve essensen i undersøkelsen, uten denne kan ikke dataene brukes til å utvikle ny kunnskap (Watson et al., 2004)

Angell et al. (2008b) antyder at det er viktig at elevene forstår at de selv må argumentere seg fra fysikken til det matematiske uttrykket.

”Thus an important component in a modelling approach to physics education would be to give students understanding of reasoning as an essential mediator between experimental observations and theory/model, strengthening the connection between experimental and conceptual representations.” (Angell et al., 2008b, p. 2)

Det som har kommet frem i resultatene her peker i retning av at vi ikke har lyktes helt med å få elevene til å forstå hvor viktig det er at de resonnerer seg fra det fysiske fenomenet og frem til modellen i stedet for at de lar dette være et sprang kalkulatoren kan gjøre.

Kanari og Millar (2004) hevder i sin undersøkelse at elevene synes det er spesielt vanskelig å resonnerer ut i fra de innsamlede dataene i situasjoner hvor de er nødt til å ta hensyn til feilkilder.

6.6.5 Modellens svakheter

Det var tydelig at elevene ikke hadde noen god forståelse av hva som kunne være svakheter med modellene de kom frem til. På dette spørsmålet relaterte de aller fleste svarene seg til feilkilder som dårlig gjennomførte målinger eller feil på utstyret. Noe av grunnen til at elevene ikke vil kommentere svakheter ved modellen kan være at de rett og slett ikke tror modellene har noen svakheter.

Dette resultatet finnes også hos Erickson som legger merke til at elevene i hans undersøkelse har problemer med at resultatene varierer. De er vant med at matematikken er feilfri og har vansker med å forklare hvorfor de matematiske uttrykkene de kommer frem til ikke passer med det de observerte (Erickson, 2006).

På intervjuene ble elevene spurt om modellene deres hadde svakheter. Tatt i betraktning at flere mente at arbeidet med modellen bare var matematikk, kan det hende elevene ikke forsto hva det egentlig ble spurt etter. Det virket som elevene manglet en grunnleggende forståelse av *nature of science*, og at de ikke er innforstått med at all vitenskapelig kunnskap til en viss grad er modeller av virkeligheten. En god eller fruktbar modell vil gi nøyaktige prediksjoner

for målinger over en rekke situasjoner og et stort måleområde. En matematisk modell er bare en fysisk situasjon oversatt til matematikk. Modellens svakheter vil dermed ligge i om det er en god oversettelse eller ikke. Så lenge elevene har en tendens til å dele opp oppgavene og ikke blande den fysiske og den matematiske delen, vil de ha problemer med å se hva som er svakhetene til modellen.

En annen årsak til at elevene har problemer med forskjellen på feilkilder og modellens svakheter kan være at elevene ikke kjenner utstyret godt nok. De vet ikke hva de kan forvente av svarene de får fordi de ikke forstår hva utstyret egentlig gjør. I en undersøkelse blant norske fysikklærere avdekket det at noe av grunnen til at de er skeptiske til bruk av dataloggere, er nettopp det at de frykter at fysikken forsvinner i en "svart boks" (Danielsen, 2008). Frykten for at det blir vanskelig å se fysikken i forsøket kan nok like gjerne gjelde for annet utstyr elevene bruker, men som de ikke er tilstrekkelig kjent med.

Det kan også hende at en del av forklaringa på at elevene ikke har noen god forståelse av hva en svakhet med modellen kan være er at de ikke har diskutert modellene sine. Dersom gruppene hadde brukt mer tid på å diskutere hvilken modell de skulle velge, eller i alle fall hvorfor de hadde valgt den de hadde valgt, ville de fort merke at det er sider ved modellen som det er vanskelig å forsvare eller bortforklare. I en slik diskusjon ville elevene være nødt til å tenke gjennom modellens styrker og svakheter for å kunne argumentere for de valgene de gjør. De siste årene har mange argumentert for at diskusjon er et virkemiddel som burde brukes oftere i undervisningen (Driver et al., 2000; Duschl & Osborne, 2002; Wellington & Osborne, 2001).

6.7 Hvilket faglig utbytte har elevene av oppgaver med empirisk-matematisk modellering?

På grunn av begrenset tid til forsøk og nokså faste tradisjoner for hvilke forsøk som skal gjøres, har det blitt en tendens til at selve forsøket som skal gjennomføres vektlegges mer enn hva elevene faktisk har lært av forsøket (Lunetta et al., 2007). Det er også påpekt at lærere ofte mislykkes i sine anstrengelser for å skape et miljø som oppfordrer elevene til å tenke gjennom og utforske de sammenhengene de har oppdaget i løpet av et forsøk (Hodson, 1993; Lunetta et al., 2007). I modelleringsøvelser er tanken at elevene er nødt til å ha forstått forsøket og tenkt gjennom det for at de skal klare å lage en god matematisk modell. Det er derfor grunn til å tro at problemet med at elevene har gjort forsøket, men mer som et ritual enn som noe de har lært noe av, blir betydelig mindre ved en mer aktiv bruk av empirisk-matematisk modellering i undervisninga.

Wells et al. (1995) sier at modellen setter elevenes svar i en kontekst, og ut fra denne konteksten kan elevene vurdere om svarene virker rimelige. Dette vil føre til at elevene gjør det bedre på prøver siden de har kunnskap som gjør de i stand til å avsløre når de har gjort feil (Wells et al., 1995). Wells et al. (1995) sine studier antyder at hoveddelen av læringa skjer etter at elevene har jobbet med modellen sin og de skal analysere og tenke gjennom hva det er de har kommet frem til.

Elevene som deltok i undersøkelsen i forbindelse med denne masteroppgaven, brukte imidlertid nesten ingenting tid på diskutere modellen sin opp mot det fysiske fenomenet i forsøk og på å sette svarene de hadde kommet frem til i en kontekst eller vurdere gyldigheten av dem. De fleste elevene betraktet oppgaven som løst i det kalkulatoren hadde gitt dem ei ligning som passet til den linja med best regresjon. I de tilfellene hvor elevene ble utfordret til å si noe om modellene sine enten mens de holdt på med forsøket eller på intervjuene, viste

elevene at de var i stand til denne typen diskusjon om resultatene sine, og at de oppnådde en bedre forståelse av fenomenet mens de diskuterte det. Det var derfor beklagelig at elevene i så liten grad gikk i gang med denne typen diskusjoner på egenhånd.

Da elevene ble spurt hva de lærte av modelleringsøvelser, ble det trukket frem at de både hadde lært en arbeidsmetode som de kunne ha bruk for i andre sammenhenger seinere og at forsøkene gav dem større innsikt i fenomenet de skulle studere. Begge delene er nyttig kunnskap og en del av den kunnskapen det var meningen at elevene skulle tilegne seg i undersøkelsen, selv om elevene nok vektla de fysiske sammenhengene noe mer enn arbeidsmetoden. Det kan altså virke som om elevene føler at de har lært mer enn det som kom frem under observasjonen.

I rapportene er det tydelig at elevene rapporterer det de tror er hensikten med forsøket (Campbell et al., 2000). I den første øvelsen rapporterer elevene fremgangsmåte og tankegang for å komme frem til hvilken vannstråle som når lengst, mens de i rapporten til det andre forsøket forklarer, som det ble forventet av dem, hvordan de kom frem til modellen for kraften på en leder i et magnetfelt. Elevene kan altså til en viss grad dokumentere at de har fått til det de trodde var hensikten med forsøket.

6.7.1 Implementering av modellering i læreplanen

Et prosjekt med implementering av modellering i læreplanen for fysikk i Arizona i USA på begynnelsen av 1990-tallet har vist en forbedring i elevenes resultater på en standardisert skriftlig fysikkprøve (Wells et al., 1995). Det er verdt å merke seg at den amerikanske undersøkelsen bruker en noe annerledes tilnærming til modellering enn det som er gjort i FYS 21-prosjektet. Resultatene i det amerikanske prosjektet ble imidlertid ikke veldig mye bedre bare av å implementere et nytt opplegg. Etter en omfattende opplæring og oppfølging av lærerne, økte den gjennomsnittelige skåren på en standardisert prøve med 22 % for elevene til de lærerne som deltok i prosjektet (Wells et al., 1995).

Dette forteller at fokus på modellering i fysikkundervisningen har store muligheter. Forsøket fra USA viser at bare selve implementeringen av en læreplan med fokus på modellering kan høyne kunnskapsnivået, men prosjektet demonstrerer tydelig at for å hente ut det fulle potensialet denne undervisningsformen har til å gjøre elevene dyktigere er det nødvendig å følge opp lærerne (Wells et al., 1995).

Det at modellering har blitt en sentral del av fysikkfaget i den nye læreplanen burde altså føre til en bedring av elevenes kunnskapsnivå. Her er det verdt å merke seg at det står i læreplanen at de fem hovedområdene skal utfylle hverandre og sees i sammenheng. Ut i fra dette er det naturlig at fokuset på matematiske modeller og bruken av matematikk skal være tilstede i all fysikkundervisninga, også under undervisninga av de andre hovedområdene.

Den før nevnte amerikanske undersøkelsen antydte altså at det var nødvendig med oppfølging av lærerne for å oppnå optimale resultater (Wells et al., 1995)). Dette stemmer godt med Pehkonens (2003) funn som sier at det er en fare for at lærerne ikke endrer undervisningen når ny læreplan skal implementeres, de endrer bare sin egen oppfatning av undervisningen sin. Et annet moment som spiller inn her er at både lærere og elever har en veldig klar oppfatning av hva fysikkundervisning skal være (Angell et al., 2003; Carlone, 2003). Endringer i læreplanen som ikke stemmer med denne forståelsen vil kunne være krevende å gjennomføre. På bakgrunn av dette kan det argumenteres for at lærerne vil trenge oppfølging i forbindelse med innføringen av den nye læreplanen i fysikk.

6.8 Nature of science

Et ofte brukt argument for å lære elevene modellering er at det kan være med å lære elevene om *nature of science* (Wells et al., 1995).

”Explicit emphasis on basic models focuses student attention on the structure of scientific knowledge as the basis for scientific understanding.” (Wells et al., 1995, p. 607)

Dette sitatet peker i retning av at dersom elevene har kunnskap om hvordan vitenskapelig kunnskap skapes og struktureres vil de få en bedre forståelse av vitenskapen. En bedre forståelse av hvordan vitenskapen er bygd opp og utvikler seg vil kunne bidra til å gjøre elevene mer rustet til å vurdere de opplysningene de får gjennom media og reklame om forskning, oppdagelser og nye produkter. Dersom elevene har en viss kjennskap til hvordan forskerne jobber og en viss kunnskap om hvordan forskningsmetoder, som blant annet modellering, brukes og hvilke fordeler og ulemper de har, vil elevene selv kunne gjøre en vurdering av hva som virker fornuftig og seriøst. Det å kunne avsløre om noe virker sannsynlig eller om man blir lurt er en viktig del av allmenndannelsen og noe alle elever burde kunne (Sjøberg, 2004). Følgelig kan det virke fornuftig å bruke modellering i undervisninga.

En spørreundersøkelse blant deltakere innen ledende institusjoner for forskning på realfagsundervisning har kommet frem til at det er et slags konsensus om hvilke tema som er de viktigste at elevene kan noe om innen *nature of science* (Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, & Duschl, 2003). Blant de 9 utvalgte temaene var ”Science and Certainty”, ”Analysis and Interpretation of Data”, ”Scientific Method and Critical Testing”, ”Hypothesis and Prediction”, ”Creativity”, ”Science and Questioning”, ”Cooperation and collaboration in the development of scientific knowledge” og ”Diversity of Scientific Thinking” (Osborne et al., 2003, p. 713). Med gjennomtenkt bruk av empirisk-matematisk modellering i undervisningen kan dette være med på å lære elevene om alle disse åtte av de ni temaene innen *nature of science* som burde inngå i pensum. Et forsøk på å integrere så mange forskjellige aspekter fra *nature of science* inn i ett undervisningsopplegg samsvarer med konklusjonen i Osborne et al. (2003) sin undersøkelse. Her presiserer de at disse ni temaene ikke kan deles opp og betraktes hver for seg, men må integreres med hverandre og behandles i lag.

6.8.1 Likhetsstrekk mellom modelleringsøvelsene og forskning innen fysikk

Elevene var oppmerksomme på at noen av hovedtrekkene i hvordan de selv jobbet med modellering gikk igjen i forskernes arbeid. Samtidig ga elevene inntrykk av at det fins én standard metode som forskerne bruker og som leder frem til resultatene deres. Tiller og Tiller sier: ”Læringen kan ikke styres som et jettfly. Den ligner mer på sommerfuglens flagrende vei gjennom lufta.” (2002, p. 27) Det samme kan sies om utviklingen i vitenskapen. Det er ingen rett frem måte å forske seg frem til ny kunnskap på. Forskerne prøver og feiler og ender til slutt med noe som virker sannsynlig. Det kan virke som om elevene har et noe urealistisk bilde av hvordan forskningen utvikler seg.

I læreplanen i fysikk fra 1994 er det lagt opp til at elevene selv skal få gjøre seg opp en mening om hvorvidt det fins universelle sammenhenger som forskere innen fysikk bare oppdager i sitt arbeid, eller om det er fysikerne selv som lager disse sammenhengene for å kunne komme med beregninger om naturen.

”Man kan spørre om fysikeren på denne måten er en oppdager eller oppfinner. Ligger det sammenhenger i naturen som fysikeren best mulig finner formuleringer til, eller er det fysikeren som må lage begrep og lover som bringer orden i det mangfold av observasjoner naturen kan gi?” (Utdanningsdirektoratet, 1996, p. 4)

Læreplanen presiserer at verken den eller undervisningen i fysikk skal gi svar på dette spørsmålet. Men slik spørsmålet er stilt, virker det naturlig at elevene er nødt til å sette seg godt inn i *nature of science* for at de skal kunne gjøre seg opp en mening. Intensjonen i dette spørsmålet er videreført i den nye læreplanen. Dette peker i retning av at *nature of science* fortsatt skal være en del av fysikkundervisninga.

Hvis noe av hensikten med realfagsundervisningen på skolen er at elevene skal lære noe om hvordan naturvitenskapelig forskning utføres, er de nødt til å få lov til å gjøre nettopp naturvitenskapelig forskning. I FYS 21-prosjektet har det vært en del av grunntanken, spesielt i hoveddelen av prosjektet, at elevene ikke skulle kjenne noen modell for fenomenet som skulle studeres, slik at øvelsene ikke handlet om bekrefting av kunnskapen i boka. Det var meningen at elevene skulle sitte med en følelse av å forske selv. Ved å lære elevene flere metoder for å studere forskjellige fenomener i naturen, står elevene friere til selv å vurdere de opplysningene de presenteres for i dagliglivet og på skolen, og de kan foreta egne undersøkelser.

Noen av elevene påpekte under intervjuene at de hadde satt pris på noen forsøk hvor resultatene var ukjente da de startet med forsøket slik at de faktisk skulle prøve å finne en sammenheng og ikke bare bekrefte den sammenhengen de allerede kjente. Dette samsvarer godt med Hodsons (1993) påstand om at dersom man skal jobbe med modelleringsøvelser, så må det være ærlig modellering hvor verken læreren eller elevene vet resultatet på forhånd. Videre sier han:

”one cannot learn to do science by learning a prescription or set of processes to be applied in all situations”(Hodson, 1993, p. 120)

Elevene må derfor få oppleve ekte modellering hvor svarene ikke er gitt og hvor de selv må få finne den mest hensiktsmessige måten å komme frem til svaret på. Elevene i undersøkelsen er delte på hva de tror de ville synes om denne typen undervisningsopplegg. Noen mente det hadde vært mer interessant enn det å sitte og bekrefte ting de allerede visste. Andre trodde dette kom til å bli veldig vanskelig mens noen helst bare ville bli fortalt alt sammen slik at de slapp å forsøke å finne ut av sammenhenger selv.

Et sentralt element i *nature of science* er hvordan diskusjonen innad i forskningsmiljøet utvikler seg og brukes til å støtte eller falsifisere forskjellige modeller, teorier eller hypoteser. En tidligere undersøkelse har vist at elevene kan for lite om hva som skal til for at en diskusjon skal være vitenskapelig (Séré et al., 2001). Elevene er altså ikke godt nok kjent med hvilke krav som stilles til de forskjellige sammenhengene mellom teori og data og hvordan de må begrunne sine argumenter (Séré et al., 2001). Dette stemmer godt med funn fra denne masteroppgaven, hvor det er klart at elevene ikke har tilstrekkelig forståelse for nødvendigheten av å diskutere resultatene.

Det kom tydelig frem at elevene trenger oppfølging og veiledning for å få til diskusjon rundt resultatene sine. Like tydelig var det at undervisningsopplegg med fokus på empirisk-matematisk modellering gir gode muligheter til å sette i gang denne typen diskusjoner.

Diskusjon av resultatene er en viktig del av analysen av elevenes innsamlede data. Følgelig vil mer vekt på diskusjon også føre til mer fokus på analysen.

"more attention to data analysis would improve students' understanding of the science concepts as well as their appreciation for the nature of science." (Erickson, 2006, p. 24)

Med Ericksons kommentar kan det virke som vi har kommet frem til en god sirkel. Vektlegging av *nature of science* vil gjøre elevene oppmerksomme på hvor viktig drøfting av resultatene er. Diskusjon av resultatene vil lede elevene inn på at de er nødt til å jobbe med analysen av dataene de har samlet inn, og mer fokus på dataanalysen vil igjen medføre at elevene får en bedre forståelse av *nature of science*.

Guttersrud (2007) skriver at kunnskap om *nature of science* bidrar til at elevene utvikler bedre læringsstrategier, som igjen gjør dem flinkere til å jobbe med modelleringsoppgaver. Dette utsagnet i lag med den gode sirkelen som allerede er skissert antyder at det vil være gunstig å gi elevene en god innføring i *nature of science*.

7 Konklusjon

To års deltakelse i FYS 21-prosjektet har gitt elevene en del erfaring med hvordan de løser en oppgave med empirisk-matematisk modellering. De gir inntrykk av at de liker denne arbeidsformen, og de har utviklet en enkel strategi for hvordan de løser oppgavene og finner en matematisk modell. Det ser imidlertid ut som om de fleste av elevene bare har lært seg en teknikk. Elevene diskuterer i praksis ikke modellene sine, og de benytter sjelden muligheten til å drøfte problemstillingene i gruppa de jobber i.

Når elevene blir oppfordret og utfordret til å si noe om modellene sine, viser de at de i lag kan komme frem til fysiske forklaringer og klarer å se sammenhengen mellom fysikken og den matematiske modellen. Det er altså avgjørende for at elevene skal ha det utbytte vi i utgangspunktet forventet av forsøkene at elevene blir fulgt opp av en lærer. Dette stemmer godt med konklusjonen fra andre undersøkelser.

"No one method of instruction, in and on itself, is better than others. Success is dependent on the instructor and what he does." (Hodson, 1993, p. 98)

Lærerne må fokusere mer på samtalen mellom elevene og er nødt til å gjøre en innsats for at elevene skal forstå nødvendigheten av gode diskusjoner rundt resultatene sine. Séré et al. (2001) antyder at for å få til dette, er lærerne nødt til å eksplisitt lære elevene om forskjellige forhold mellom teori og data i forskjellige situasjoner. En måte å gjøre dette på vil være å ha et økt vektlegging av modellering i undervisninga.

I utprøvinga av forsøket med vannet som renner ut av hull langs siden av en bøtte, ble det veldig tydelig hvor fort gjort det er for en lærer å overvurdere elevenes faglige nivå. Forsøket, elevveiledningen og lærerveiledningen var nøye gjennomarbeidet av forskningsgruppa, og likevel viste det seg at vanskelighetsgraden var for høy da forsøket ble presentert for elevene. En måte å avsløre at oppgaven er for vanskelig på er å diskutere den i klassen. Aktiv bruk av diskusjon kan også føre til at elevene har læringsutbytte av undervisningsøkta til tross for at de ikke hadde tilstrekkelig kunnskap til å løse den opprinnelige oppgaven.

Elevenes utsagn antyder at lærerne har blitt veldig oppmerksomme på modellering etter FYS 21-prosjektet og at de jobbet med å holde fokus på denne arbeidsformen.

7.1 Mulige forbedringer av forsøkene

Forsøkene var fullt gjennomførbare, og elevene ga inntrykk av å like begge to, selv om de mente at forsøket med bøtta var morsommere enn forsøket med spolene.

7.1.1 Horisontalt kast fra bøtte

Forsøket med bøtta har flere punkter som kan forbedres for å gjøre modelleringsdelen av forsøket enklere for elevene. Ved å kutte vekk delen hvor elevene skal tippe hvilken stråle som går lengst og legge inn formlene for horisontale kast, vil det sannsynligvis ikke være noe problem å gjennomføre dette forsøket på 90 minutter og få elevene til å prøve å komme frem til en matematisk modell. Disse endringene vil imidlertid gjøre øvelsen litt mindre utfordrende for elevene.

En annen måte å få forsøket med bøtta til å passe litt bedre til målgruppen er å la selve modelleringsdelen av oppgaven være en plenumsøvelse. Alle elevene kan fortsatt gjøre den praktiske delen av forsøket i små grupper, men i stedet for at gruppene behandler resultatene sine hver for seg, samles alle resultatene inn slik at klassen i lag kan finne et gjennomsnitt av lengden til strålen fra hvert hull. Disse gjennomsnittslengdene kan legges inn på en datamaskin som vises på projektor. Nå kan hele klassen i felleskap se på dataene som legges inn i plott, og læreren kan styre en diskusjon som vil lede til at de finner en matematisk modell for fenomenet. Teknikken med å gjennomføre forsøk i plenum ved hjelp av prosjektør har vært prøvd ut av Danielsen (2008) med gode resultater.

Hvis alternativet hvor modelleringsdelen av oppgaven gjøres i plenum velges, vil det være mest hensiktsmessig å beholde oppgaveteksten slik den står slik at det er flere punkter hvor elevene kan diskutere og resonnerer seg frem til hvordan de skal gjøre ting.

7.1.2 Kraften på en leder i et magnetfelt

Dette forsøket fungerte godt på begge skolene hvor det ble gjennomført. Forsøket tok ikke for lang tid og ut i fra observasjonen og diskusjonen virket det som om vanskelighetsgraden på forsøket passet godt til målgruppen. Erfaringer som det kan være verdt å ta med seg fra dette forsøket er at det kreves at det utstyret som skal brukes, er i noen lunde god forfatning. Elevene som jobbet med vekter som aldri stabiliserte seg på noen verdi, eller de som hadde en strømkilde som de ikke klarte å finne ut hva som var i veien med, ble ganske frustrerte og fikk ikke fullt utbytte av forsøket. Til det måtte de bruke for mye tid på feilsøking i oppsettene sine.

7.2 Anbefalinger

I løpet av arbeidet med masteroppgaven har det kommet frem noen ideer til hva som kan gjøres for å forbedre fysikkundervisningen, spesielt for å få et bedre utbytte av det praktiske arbeidet i fysikkundervisningen.

En ting som kom veldig klart frem, var at diskusjon og resonnementer i felleskap er underutnyttet i fysikkundervisningen. Det bør legges til rette for og oppfordres til at dette skal brukes mer aktivt i undervisningen. Det er tydelig at læreren har en nøkkelrolle i prosessen med å få i gang og opprettholde gode diskusjoner. For å få fokus på dette, må lærerne gjøres oppmerksomme på hvor viktige de er som igangsettere av gode diskusjoner. En måte å øke oppmerksomheten på diskusjoner og resonnementer og øke kunnskapen om å legge til rette for diskusjoner og resonnementer i felleskap, vil være å kurse lærerne innen feltet.

Ut i fra det faglitteraturen sier om sammenhengen mellom hva elevene lærer og hva de tror er hensikten med undervisninga, er det ugunstig at elevene ikke forstår at det er meningen at de også skal lære en arbeidsmetode når de jobber med forsøk. For å bøte på dette, må prosessmålene gjøres mer eksplisitte når elevene holder på med praktisk arbeid. Dette kan gjøres ved å skrive prosessmålene inn i oppgaveteksten i lag med resten av oppgaven. Det må være helt tydelig for elevene hva det er meningen at de skal lære ved et forsøk.

Etter å ha sett hvordan elevene delte begge forsøkene inn i en del som handlet om fysikk og en del som handlet om matematikk, er det klart at oppgaver og oppgavetekster til praktisk forsøk må utformes slik at de i større grad krever at analysearbeidet og den matematiske delen av oppgaven må sees i sammenheng med datainnsamlingen og det fysiske fenomenet som

skal studeres. Disse to delene av forsøket må integreres tydeligere med hverandre slik at elevene ikke kan jobbe med den ene delen uten å ta hensyn til den andre.

Et annet moment som dukket opp under utprøvingen av forsøkene, var at undervisningen i forbindelse med praktisk arbeid er nødt til å ha mer fokus på forskjellene mellom ordinære feilkilder i løpet av forsøket og svakheter i modellen som beskriver forsøket. Så lenge det er meningen at elevene skal kunne vurdere modellene sine, må de få opplæring i hva som faktisk er modellen og hva som er forskjellige typer feilkilder som spiller inn på modellen.

Observasjonene her og litteratur fra andre undersøkelser understreker behovet for bedre opplæring av elevene i tegning og tyding av grafer. Grafer er en vanlig og oversiktlig måte å presentere data på. Det er helt avgjørende for elevenes forståelse at de er godt kjent med hvordan grafer fungerer, hvilke data de skal plote langs de forskjellige aksene og hva formen på grafen innebærer.

En anbefaling av veldig praktisk karakter er også på sin plass: For å effektivisere den praktiske gjennomføringen av forsøkene, burde elevene gis en enkel innføring i hvordan de kan skrive rapporter og lage og legge inn tabeller og figurer på en datamaskin.

Med bakgrunn i funnene her og i FYS 21-prosjektet forøvrig anbefales det å ha fokus på empirisk-matematisk modellering i fysikkundervisningen. Empirisk-matematisk modellering er en måte å gjøre elevene mer bevisst bruken av ulike representasjonsformer i fysikken. Dermed kan det implisitt være med på å øke elevenes forståelse av modeller for fysiske fenomener.

7.3 Forslag til videre studier

Undersøkelsen har omfattet elever som har deltatt i FYS 21-prosjektet i andre og tredje klasse i videregående skole. Det gir dermed en forsmak på hvilke resultater vi kan oppnå ved å styrke fokus på matematisk modellering i læreplanen. Klassene som har deltatt i denne undersøkelsen, har sannsynligvis hatt lærere som har vært spesielt engasjerte. Det vil derfor være interessant å se på hvordan matematisk modellering blir undervist nå når det har blitt en del av læreplanen og alle fysikklærere skal jobbe med det. Det vil også være av interesse å studere hvordan elevene oppfatter det at de skal bruke matematikk til å beskrive fysikken.

Med utgangspunkt i kommentarer fra de lærerne som deltok i hoveddelen av FYS 21-prosjektet, om at det var vanskelig å holde fokus på modellering i andre tema enn mekanikk (Angell et al., 2008b), burde det utvikles flere ferdige undervisningsopplegg med empirisk-matematisk modellering innenfor alle de forskjellige temaene i fysikkpensumet.

Referanseliste

- Albe, V., et al. (2001). Electromagnetic Concepts in Mathematical Representation of Physics. *Journal of Science and Technology*, 10(2), 197 - 203.
- Alexopoulou, E., & Driver, R. (1996). Small-group discussion in physics: Peer interaction modes in pairs and fours. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(10), 1099 - 1114.
- Almendingen, S. B. M. F., et al. (2003). *Tenke det, ønske det, ville det med, men gjøre det-?: en evaluering av natur- og miljøfag etter Reform 97*. Nesna: Høgskolen i Nesna.
- Angell, C., et al. (2004). Physics: Frightful, but Fun. Pupils' and Teachers' Views of Pysics and Physics Teaching. *Science Education*, 88, 683-706.
- Angell, C., et al. (2003). Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av! In D. Jorde & B. Bungum (Eds.), *Naturfagdidaktikk - Perspektiver, Forskning, Utvikling* (pp. 165 - 198). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Angell, C., et al. (2007). FYS 21 - et prosjekt om modellering og vitenskapelig arbeids- og tenkemåte i fysikkundervisningen. *NorDiNa*, 3(1/07), 86 - 92.
- Angell, C., et al. (2005). *Vitenskapelige arbeidsmåter og modellering - Forslag til forsøk og aktiviteter*. Oslo: Universitetet i Oslo.
- Angell, C., et al. (2008a). *Implementation of empirical-mathematical modelling in upper secondary physics: Teachers' interpretations and considerations* Paper presented at the 9th Nordic Research Symposium on Science Education, Reykjavik, Iceland.
- Angell, C., et al. (2008b). An empirical mathematical modelling approach to upper secondary physics. *Physics Education*, 43(3), 256 - 264.
- Angell, C., et al. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget.
- Barton, R. (1998). Why do we ask pupils to plot graphs? *Physics Education*, 33(6), 366 - 367.
- Beichner, R. J. (1994). Testing studentinterpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750 - 762.
- Bjørkhaug, B. (2004). *En fokusgruppestudie av fysikklæreres oppfatninger av fysikkfaget i videregående skole*. Universitetet i Oslo, Oslo.
- Callin, C., et al. (1998). *Ergo Fysikk 3FY*. Oslo: Aschehoug.
- Campbell, B., et al. (2000). The Communication of Laboratory Investigations by University Entrants. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 839 - 853.
- Campbell, B., & Wilson, F. (1998). Teachers' and Pupils' Perspectives on Practical Work in School Science. In K. Nielsen & A. C. Paulsen (Eds.), *Practical Work - 20 Contributions to the conference*. Copenhagen: Royal Danish School of Educational Studies.
- Carlone, H. B. (2003). Innovative science within and against a culture of "achievement". *Science Education*, 87(3), 307 - 328.
- Cox, A. J., & Junkin III, W. F. (2002). Enhanced student learning in the introductory physics laboratory. *Physics Education*, 37(1), 37-44.
- Danielsen, T. A. (2008). *Datalogging i fysikkundervisningen i videregående skole*. Universitetet i Oslo, Oslo.
- Dolin, J. (2002). *Fysikkfaget i forandring. Læring og undervisning i fysik i gymnasiet med fokus på dialogiske prosesser, autencitet og kompetenceudvikling.*, Roskilde Universitet, Roskilde.
- Driver, R., et al. (2000). Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84, 287 - 312.

- Duit, R., et al. (2007). Teaching Physics. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Duschl, R. A., & Osborne, J. (2002). Supporting and Promoting Argumentation Discourse in Science Education. *Studies in Science Education*, 38, 39 - 72.
- Erickson, T. (2006). Stealing from Physics: Modeling with Mathematical Functions in Data-Rich Contexts. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 25, 23 - 32.
- Guttersrud, Ø. (2001). "Det er ikke lett å diskutere med venner som ikke vet at ting faller like fort" En fokusgruppestudie av fysikkelevens oppfatning av fysikk og deres grunner for å velge fysikk i videregående skole. Universitetet i Oslo, Oslo.
- Guttersrud, Ø. (2007). *Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education - Defining, Assessing and Improving Physics Students' Mathematical Modelling Competency*. University of Oslo, Oslo.
- Hannisdal, M., & Ringnes, V. (2003). Modeller og Modellbruk i Naturfagene. In D. Jorde & B. Bungum (Eds.), *Naturfagdidaktikk - Perspektiver, Forskning, Utvikling* (pp. 199 - 212). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Henriksen, E. K. (2008). Andel av årskull som tar hhv 2FY og 3FY. Oslo.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics*, 55(5), 440 - 455.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85 - 142.
- Hægeland, T., et al. (2007). *Realfagskompetanse fra videregående opplæring og søkning til høyere utdanning*. Oslo: Statistisk Sentralbyrå.
- Judd, C. M., et al. (1991). *Research methods in social relations* (6. ed.). Orlando: Harcourt Brace Jovanovich, Inc.
- Kanari, Z., & Millar, R. (2004). Reasoning from data: How students collect and interpret data in science investigations. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(7), 748 - 769.
- Kariotogloy, P., et al. (1990). Understanding pressure: didactical transpositions and pupils' conceptions. *Physics Education*, 25, 92 - 96.
- Kelly, G. J., & Crawford, T. (1996). Students' Interaction with Computer Representations: Analysis of Discourse in Laboratory Groups *Journal of Research in Science Teaching*, 33(7), 693 - 707.
- Kind, P. M. (2003). Praktisk arbeid og naturvitenskapelig allmendannelse. In D. Jorde & B. Bungum (Eds.), *Naturfagdidaktikk - Perspektiver, Forskning, Utvikling* (pp. 226 - 244). Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Kind, P. M., et al. (1999). *Hva i all verden gjør elevene i realfag? Praktiske oppgaver i matematikk og naturfag*. Oslo: Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo.
- Klepaker, T., et al. (2007). Young Norwegian students' preferences for learning activities and the influence of these activities on the students' attitudes to and performance in science. *NorDiNa*, 3(1/07), 45 - 56.
- KPT-naturfag. (2008, 10.01.08). Strømvekt (42110). from <http://kptnaturfag.no/filbibliotek/Forsoktips/fysikk/42110>
- Krueger, R. A. (1998). *Analyzing & Reporting Focus Group Results*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Kvale, S. (1997). *Det kvalitative forskningsintervju* (1. ed.). Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Kvale, S. (2006). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal Akademiske.
- Lavonen, J., et al. (2004). Effect of a long-term in-service training program on teachers' beliefs about the role of experiments in physics education *International Journal of Science Education*, 26(3), 309 - 328.

- Leach, J. (1999). Practical work and learning about science. Introduction. In J. Leach & A. C. Paulsen (Eds.), *Practical work in science education - Recent research studies*. Roskilde: Roskilde University Press, Kluwer academic publishers.
- Leach, J., et al. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87(6), 831 - 848.
- Lijnse, P. (2000). Didactics of science: the forgotten dimension in science education research? In R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Eds.), *Improving science education*. Buckingham: Open University Press.
- Lunetta, V. N., et al. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Maloney, D. P., et al. (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. *American Journal of Physics*, 69(7), S12 - S23.
- Michelsen, C. (2003). Funktioner - et modelleringsredskap i gymnasiets matematik- og fysikundervisning. In E. K. Henriksen & M. Ødegaard (Eds.), *Naturfagenes didattikk - En disiplin i forandring? Det 7. nordiske forskersymposiet om undervisning av naturfag i skolen*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Millar, R. (1998). Rhetoric and reality: what practical work in science education is really for. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science*. London: Routledge.
- Morgan, D. L. (1998a). *The Focus Group Guidebook*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Morgan, D. L. (1998b). *Planning Focus Groups*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Mortimer, E. F., & Scott, P. H. (2003). *Meaning Making in Secondary Science Classrooms*. Maidenhead: Open University Press.
- naturfag.no. (2008). Evangelista Torricelli. Retrieved 07.02, 2008, from <http://www.naturfag.no/biografi/vis.html?tid=16988>
- Olsen, R. V. (2006). Framtida til programfaget fysikk. Retrieved 28.02, 2008, from http://fysikk.hfk.vgs.no/Til_Kunnskapsdepartementet.pdf
- Olsen, R. V., et al. (2004). *Fysikk for fremtiden - En drøfting av og grunnlaget for fremtidig læreplan i fysikk*. Oslo: Norsk Fysikklærerforening.
- Osborne, J., et al. (2003). What "Ideas-about-Science" Should be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692 - 720.
- Pehkonen, E. (2003). Lærere og elevers oppfatninger som en skjult faktor i matematikkundervisningen. In B. Grevholm (Ed.), *Matematikk for skolen*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Prain, V., & Waldrip, B. (2006). An Exploratory Study of Teachers' and Students' Use of Multi-modal Representations of Concepts in Primary Science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843 - 1866.
- Robson, C. (1993). *Real world research: a resource for social scientists and practitioner-researchers*. Oxford: Blackwell.
- Robson, C. (2002). *Real World research - A resource for social scientists and practitioner-researchers* (2 ed.). United Kingdom Blackwell publishing.
- Rocard, M., et al. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Saglam, M., & Millar, R. (2006). Upper High School Students' Understanding of Electromagnetism. *International Journal of Science Education*, 28(5), 543 - 566.

- Schilling, V. (2006). *Mentale modeller og eksperimentelt arbejde i fysikundervisningen*. Syd Dansk Universitet, Odense.
- Schilling, V. (2007). *Theory and experiments in physics education*. Paper presented at the Fysikermøtet 2007, Tromsø.
- Scott, P., et al. (2007). Student Conceptions and Conceptual Learning in Science. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education*. London: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Séré, M.-G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the European project Labwork in science education. *Science Education*, 624-644.
- Séré, M.-G., et al. (2001). Images of Science Linked to Labwork: A Survey of Secondary School and University Students *Research in Science Education*, 31(4), 499 - 523.
- Séré, M.-G., et al. (1993). Learning the statistical analysis of measurement errors. *International Journal of Science Education*, 15(4), 427-438.
- Sjøberg, S. (2004). *Naturfag som allmenndannelse - en kritisk fagdidaktikk*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Sjøberg, S., & Lie, S. (1981). *Fart og kraft - En empirisk undersøkelse og noen pedagogiske synspunkter*. Oslo: Fysisk institutt Universitetet i Oslo.
- Statistisk-Sentralbyrå. (2007). Tabell - Levende fødte og dødfødte. 1951 - 2006. Retrieved 28.03, 2008, from <http://www.ssb.no/emner/02/02/10/fodte/tab-2007-04-19-01.html>
- Thomassen, K. (1994). *Undervisningsmetoder*. Tromsø: Universitetet i Tromsø.
- Tiberghien, A., et al. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483 - 508.
- Tiller, T., & Tiller, R. (2002). *Den andre dagen - det nye læringsrommet*. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Tobin, K. (1990). Research on Science Laboratory Activities: In Pursuit of Better Questions and Answers to Improve Learning. *School Science and Mathematics*, 90(5), 403 - 418.
- Utdanningsdirektoratet. (1993). Læreplan for videregående opplæring - Naturfag. Retrieved 28.03, 2008, from http://utdanningsdirektoratet.no/upload/larerplaner/Felles%20allmenne%20fag/lareplan_naturfag.rtf
- Utdanningsdirektoratet. (1996). Reform 94 - Læreplan for videregående opplæring, fysikk. Retrieved 07.02, 2008, from http://www.utdanningsdirektoratet.no/templates/udir/TM_Artikkel.aspx?id=1120
- Utdanningsdirektoratet. (2006). Kunnskapsløftet - Læreplan i Fysikk. Retrieved 07.02, 2008, from http://www.utdanningsdirektoratet.no/templates/udir/TM_Utdanningsprogram.aspx?id=2102&utdprogrid=111534
- Viennot, L. (2003). *Teaching Physics*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Watson, J. R., et al. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26(1), 25 - 45.
- Wellington, J. (1998). Practical work in science: time for reappraisal. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science*. London: Routledge.
- Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and Literacy in Science Education*. Buckingham: Open University Press.
- Wells, M., et al. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics*, 63(7), 606 - 619.

Appendiks A Elevveiledning til forsøk om horisontale kast fra bøtte

Hensikten med forsøket

I dette forsøket skal vi se på vann som renner ut av hull langs siden på en bøtte. Vi skal se på hvordan lengden til vannstrålene avhenger av både hvilken høyde strålen starter i og hastigheten strålen har når den forlater hullet. Denne hastigheten skal vi regne ut. Vi skal også lage en matematisk modell for hvordan denne hastigheten varierer som en funksjon av avstanden fra vannflata.

Teori

Et horisontalt kast er en situasjon hvor et legeme har en horisontal utgangshastighet og den eneste kraften som virker på legemet etter kastet er gravitasjonen. (Vi ser bort fra luftmotstand). Dette legemet kan for eksempel være en ball som ruller ned fra et bord, en geværkule som skytes ut, eller vann som renner ut av et hull på siden av en bøtte.

Loven om energibevaring i tyngdefeltet er

$$\frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

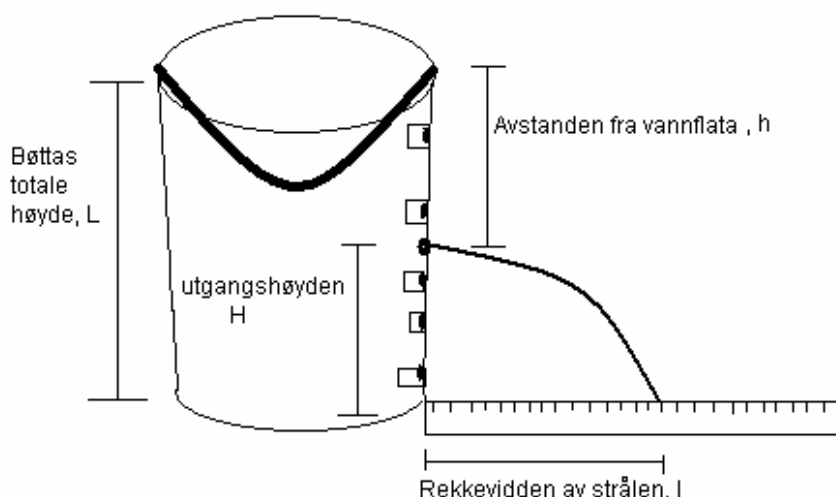
Ut i fra dette kan vi utlede at hastigheten til en gjenstand som starter fra ro og faller fritt vil være gitt ved

$$v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$$

I dette forsøket er vi interessert i se på hastigheten til vannet som flyter fritt i en bøtte. Er det rimelig å tro at hastigheten til vannet vil oppføre seg på samme måte som hastigheten til en gjenstand som faller fritt?

Utstyr

Bøtte med hull langs siden, teip, linjal (helst lang, 30 cm), vann, flaske eller lignende til etterfylling av vann.



Fremgangsmåte:

1. Før dere begynner skal dere se på bøtta og gjøre et gjennomtenkt gjett på hvilket av hullene som kommer til å gi den lengste strålen.
2. Teip igjen alle hullene i bøtta. Siden denne teipen skal taes av, og så festes igjen er det lurt å bare sette én teip bit over hullet, og brette teipen i kanten slik at det er lett å løsne den. Pass på at teipen dekker hullet godt, og er festet godt rundt hele hullet.
3. Fyll bøtta med vann helt til randen. Her kan det være lurt å ikke fylle bøtta helt full ved vasken, men bare slik at dere kan bære den til plassen deres uten å søle. Fyll så bøtta helt til randen ved hjelp av en vannflaske eller lignende.
4. Still bøtta på et rett underlag med hullene pekende den veien dere har tenkt til å la strålene gå. Hvis dere har en lang linjal kan det være lurt å la den ligge der strålene fra bøtta kommer til å gå. Dette vil forenkle målingene litt.
5. Dra til siden teipen over det nederste hullet slik at vannet står ut i en jevn stråle. Fest teipen igjen så snart dere har sett hvor strålen treffer. Mål rekkevidden til strålen. Slik fortsetter dere oppover til dere har målt rekkevidden til alle strålene hver for seg. Pass på å etterfylle bøtta med vann etter hvert som vannstanden synker. Bøtta må være helt full mens dere gjør målingene. Det kan være lurt å gjenta måleserien og bruke gjennomsnittet av målingene for hvert hull videre i oppgaven. Hvis dere har tid kan dere tegne inn usikkerheten når dere tegner opp grafene seinere i oppgaven.
6. Tegn inn rekkevidden på strålen som en funksjon av utgangshøyden i et koordinatsystem.
7. Regn ut utgangshastigheten for vannet fra de forskjellige hullene og tegn den som en funksjon av avstanden fra vannflaten. Finn en matematisk modell for utgangshastigheten som funksjon av denne avstanden. Kan vi bruke samme matematiske uttrykk som vi bruker for fall i tyngdefeltet?
8. Kommenter usikkerhet i målingene og feilkilder.
9. De som har god tid kan forsøke å bruke den matematiske modellen fra 7) til å finne en ligning for grafen i 6).

Appendiks B Lærerveiledning til forsøk om horisontale kast fra bøtte

Hensikten med forsøket

I dette forsøket skal elevene se på hvordan lengden til et horisontalt kast avhenger av både utgangshastighet og utgangshøyde ved å se på vannstråler som renner ut av siden på en bøtte. De skal også lage en matematisk modell for hvordan utgangshastigheten avhenger av avstanden fra vannflaten i bøtta. Her vil de forhåpentligvis oppdage at de kan bruke bevaring av energi i tyngdefeltet for å finne hastigheten.

De sentrale elementene i dette forsøket er at elevene:

- Tegner en graf som viser hvordan rekkevidden av strålen avhenger av utgangshøyden.
- Tegner en graf som viser sammenhengen mellom utgangshastighet og avstanden fra vannflaten.
- Resonnerer seg frem til en modell for vannets hastighet ut av bøtta.

For de som får tid vil det nok også være interessant å se at etter de beregningene som er gjort er det ikke vanskelig å sette opp en matematisk modell for hvordan rekkevidden til vannstrålen vil avhenge av utgangshøyden.

Teorien bak

Grunnen til at man kunne brukt bevaring av energi til å finne utgangshastigheten til vannet i bøtta kommer fra en forenkling av Bernoullis ligning.

$$p_0 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho gh = p_a + \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Vi antar at trykket på overflata, p_0 , og der vannstrålen kommer ut, p_a , er like stort. En rimelig antagelse siden det uansett ville være naturlig å sette trykket på begge disse stedene lik én atmosfære. Så lenge overflaten er mye større enn hullet vannet renner ut av er det rimelig å påstå at overflaten står i ro, altså $v_1 = 0$. Det som da gjenstår av ligninga er:

$$\rho gh = \frac{1}{2} \rho v_2^2$$

Som kan skrives om til:

$$v_2 = \sqrt{2gh}$$

I situasjoner som den i forsøket kan vi altså finne farten vannet har ut av bøtta ved å bruke samme uttrykk som vi hadde kommet frem til ved vanlig energibevaring.

Læreplanmål

Forsøket er laget for å kunne passe både i den gamle læreplanen og Kunnskapsløftet, og det er meningen at det skal være med å dekke følgende læreplanmål:

Fra den gamle læreplanen:

- Mål 1a: Elevene skal ha oversikt over og kunne bruke fysikkens fundamentale begreper og lover.
- Mål 1b: Elevene skal kjenne eksempler på bruk av modeller og hvordan de blir brukt til å beskrive ulike fenomener.
- Mål 2a: Elevene skal kunne utføre eksperimenter innen ulike områder av faget.
- Mål 2d: Elevene skal kunne observere, tolke og presentere måleresultater på ulike måter.
- Mål 2e: Elevene skal kunne vurdere usikkerhet og feilkilder, og gjøre enkle usikkerhetsberegninger.
- Mål 4: Elevene skal ha grunnleggende kunnskaper om krefter på vektorform og bevegelser i planet.

Fra Kunnskapsløftet

”Den unge forskeren”:

- Gjennomføre relevante forsøk innen de forskjellige hovedområdene, med og uten digitale verktøy
- Anslå usikkerheten i innsamlede måledata og regne ut usikkerheten i det endelige resultatet
- Vurdere begrensinger i valg av metode og utstyr og foreslå forbedringer og videreutvikling av utstyr

”Å beskrive naturen med matematikk”:

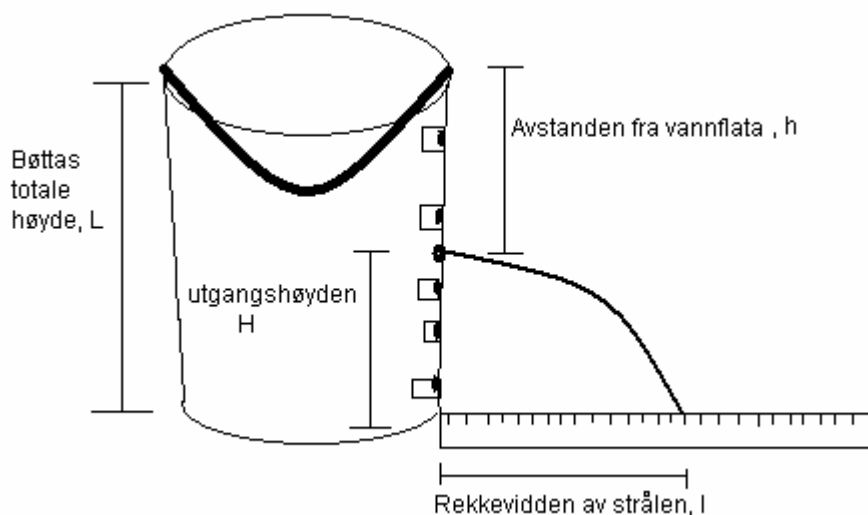
- Analysere ulike matematiske modeller for en fysisk situasjon, med og uten digitale verktøy, og vurdere hvilken modell som beskriver situasjonen best.

”Klassisk fysikk”:

- Bruke Newtons lover på vektorform for bevegelse i homogene magnetiske felt og homogent gravitasjonsfelt

Utstyr

Bøtte med hull langs siden, teip, linjal (helst lang, 30 cm), vann, flaske eller lignende til etterfylling av vann, stort kar til å gjennomføre forsøket i for å unngå vannsøl. Det kan uansett være lurt å ha tilgjengelig noe til å tørke opp evt. søl med.

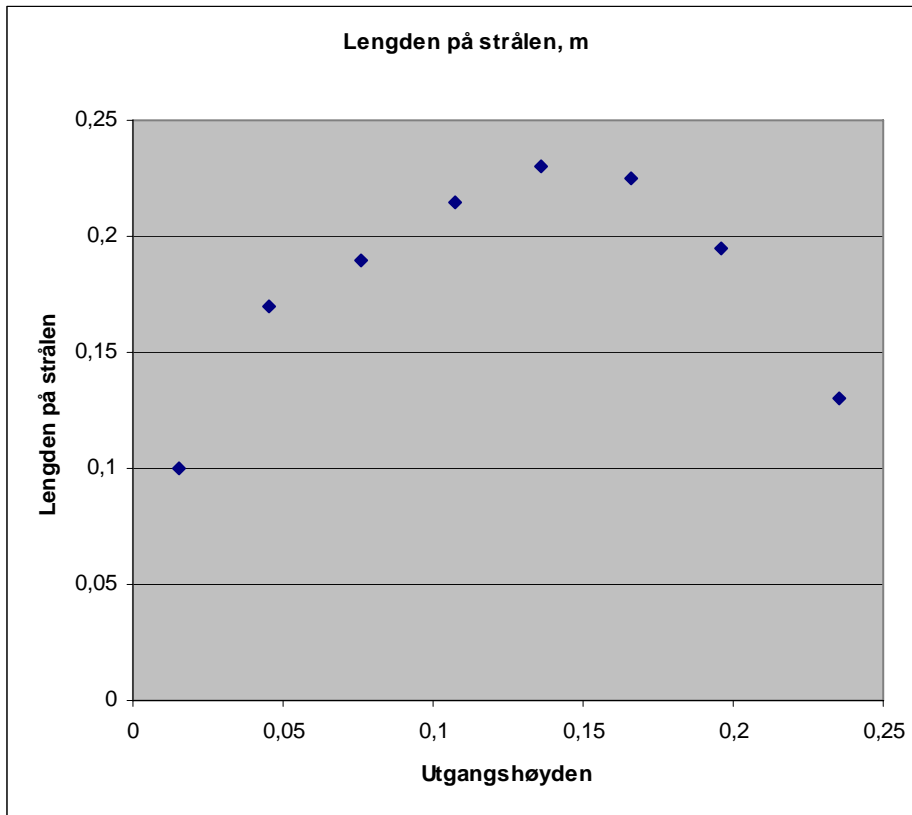


Fremgangsmåte:

- 1) Det kan være lurt å gjøre forsøket ute, eller på et sted som tåler at det blir litt vått. Eventuelt i et stort kar med flat bunn.
- 2) Elevene skal først komme med et kvalifisert gjett på hvilket av hullene som vil gi den lengste strålen.
- 3) Teip igjen alle hullene i bøtta. Siden denne teipen skal taes av, og så festes igjen er det lurt å bare sette én teip bit over hullet, og brette teipen i kanten slik at det er lett å løsne den. Pass på at teipen dekker hullet godt, og er festet godt rundt hele hullet.
- 4) Fyll bøtta med vann helt til randen. Her kan det være lurt å ikke fylle bøtta helt full ved vasken, men bare slik at dere kan bære den til plassen deres og sette den i karet uten å søle. Fyll så bøtta helt til randen ved hjelp av en vannflaske eller lignende.
- 5) Still bøtta med hullene pekende den veien dere har tenkt til å la strålene gå. Hvis dere har en lang linjal kan det være lurt å la den ligge der strålene fra bøtta kommer til å gå. Dette vil forenkle målingene litt.
- 6) Dra til siden teipen over det nederste hullet slik at vannet står ut i en jevn stråle. Fest teipen igjen så snart dere har sett hvor strålen treffer. Mål rekkevidden til strålen. Slik fortsetter dere oppover til dere har målt rekkevidden til alle strålene hver for seg. Pass på å etterfylle bøtta med vann etter hvert som vannstanden synker. Bøtta må være helt full når dere gjør målingene. Det kan være lurt å gjenta måleserien og bruke gjennomsnittet av målingene for hvert hull videre i oppgaven. Hvis det blir god tid kan dere tegne inn usikkerheten når dere tegner opp grafen seinere i oppgaven.
- 7) Tegn inn rekkevidden til strålen som en funksjon av utgangshøyden i et koordinatsystem. Her kan elevene godt bruke den grafiske kalkulatoren eller Excel hvis de er vant med det.
- 8) Regn ut utgangshastigheten for vannet fra de forskjellige hullene og tegn den som en funksjon av avstanden fra vannflaten. Finn en matematisk modell for utgangshastigheten som funksjon av denne avstanden. Kan vi bruke samme matematiske uttrykk som vi bruker for fall i tyngdefeltet? Også her er det en fordel å plote opp målepunktene enten på kalkulator eller datamaskin.
- 9) Kommenter usikkerhet i målingene og feilkilder..
- 10) De som har god tid kan forsøke å bruke den matematiske modellen fra 8) til å finne en ligning for grafen i 7).

Resultater

På punkt sju kan man forvente at elevene får en figur som ser tilnærmet ut som denne:



Det sentrale er at maksimal rekkevidde på "kastet" oppstår ca midt på bøtta. Teoretisk maksimalverdi vil seinere i oppgaven vise seg å være midt på bøtta.

For å finne utgangshastigheten på punkt åtte må elevene kombinere de to uttrykkene som brukes i forbindelse med horisontale kast:

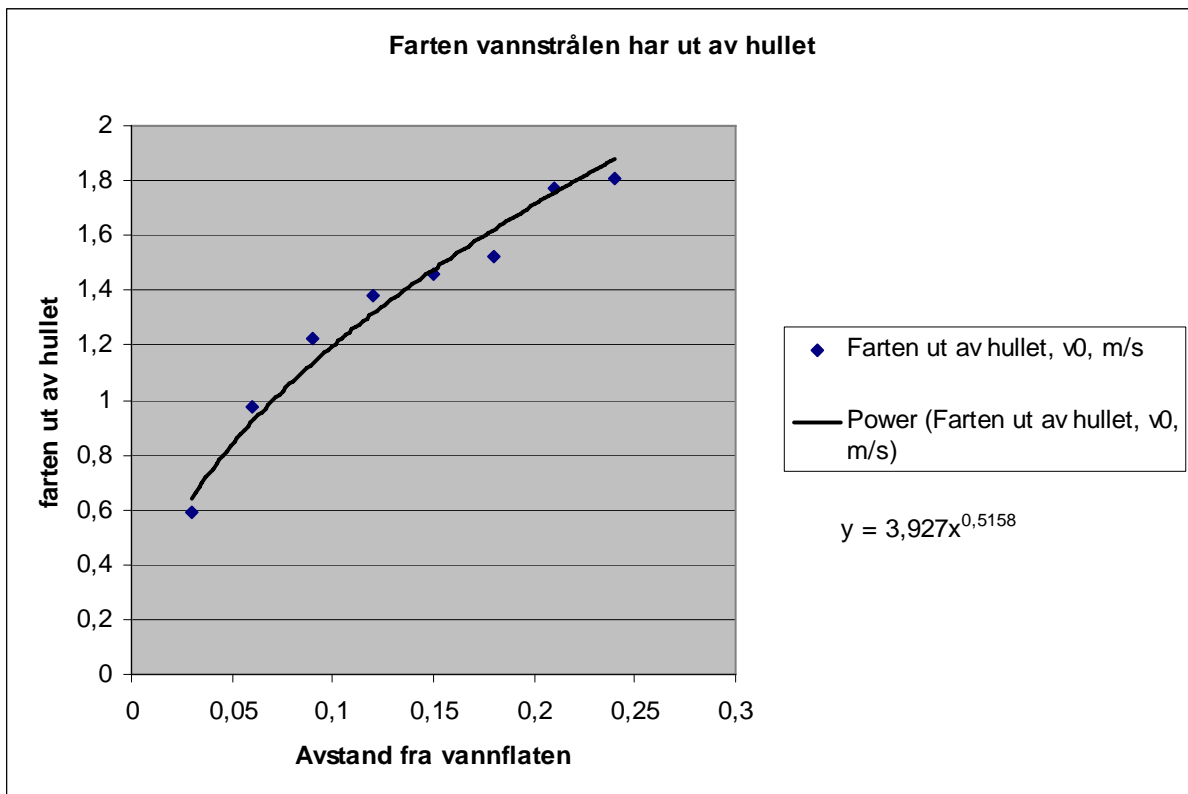
$$l = v_0 t$$

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

Hvor l er strålens rekkevidde og H er utgangshøyden. Da finner de:

$$v_0 = \frac{l}{\sqrt{\frac{2H}{g}}} = l * \sqrt{\frac{g}{2H}}$$

Når de tegner opp utgangshastigheten som en funksjon av avstanden fra vannflata burde de få noe som ligner denne figuren:



Her har jeg også tegnet inn regresjon til en tilnærmet kvadratrotsfunksjon. Hvis det er vanskelig for elevene å kjenne igjen en kvadratrotsfunksjon kan de få tips om å tegne farten som en funksjon av kvadratrota til avstanden fra vannflata. Dette vil gi dem punkter langs ei tilnærmet rett linje.

Ut i fra kvadratrotsfunksjonen de har tegnet opp, og tallene de får vil elevene forhåpentligvis se at de har en funksjon som oppfører seg tilnærmet likt fritt fall i tyngdefeltet:

$$v = \sqrt{2gh}$$

Hvor h er avstanden fra hullet til vannflata.

I det siste punktet skal elevene skrive om formlene for horisontale kast, og sette inn uttrykket de har modellert seg fram til for hastigheten for å finne en funksjon for lengden til kastet.

$$l = v_0 t$$

$$H = \frac{1}{2} g t^2$$

Skriver om den første og setter inn i den andre

$$t = \frac{l}{v_0}$$

$$H = \frac{1}{2} g \left(\frac{l}{v_0} \right)^2$$

Så setter man inn uttrykket man fant for v_0 :

$$H = \frac{1}{2} g \frac{l^2}{2gh}$$

$$H = \frac{l^2}{4h}$$

$$l = \sqrt{4Hh}$$

Erstatter H med $(L - h)$, hvor L er den totale høyden til bøtta

$$l = \sqrt{4(L - h)h}$$

$$l = 2\sqrt{h(L - h)}$$

Dersom man deriverer dette uttrykket vil man finne at den teoretiske maks. verdien for rekkevidden til strålen vil være når $h = \frac{L}{2}$. Altså vil den lengste strålen komme fra hullet som ligger nærmest midten av bøtta.

Her kan man be elevene gå tilbake og sammenligne resultatene de får med det de gjettet i starten av oppgaven, og det de faktisk målte.

Appendiks C Forsøk med kraften på en leder i et magnetfelt

magnetfelt

Hensikt

I dette forsøket skal vi se på kraften som virker mellom en stavmagnet og en spole. Vi skal forsøke å konstruere en matematisk modell for hvordan denne kraften påvirkes av antallet vindinger på spolen og strømmen gjennom spolen.

Teori

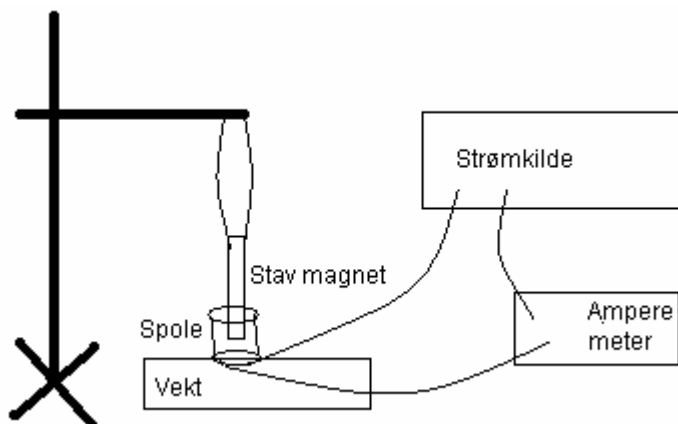
Når det sendes strøm gjennom en spole får vi en elektromagnet. Strømretningen gjennom spolen avgjør hvilken ende av spolen som blir elektromagnetens nordpol. For å måle kraften mellom spolen og magneten setter vi spolen på en vekt, da vil utslaget vi får på vekten være summen av spolens vekt og kraften fra magneten på spolen. For at vi skal få et positivt utslag på vekten må strømretningen være slik at kraften mellom magneten og spolen er frastøtende. For å få ut bare kraften mellom magneten og spolen kan vi tarere vekten før vi skrur på strømmen. Utslaget man får på vekten er oppgitt i gram. For å regne dette om til newton bruker man Newtons andre lov, husk å regne om fra gram til kg:

$$F = m \cdot a = m \cdot 9,81 \text{ m/s}^2$$

Når vi skal se på forholdet mellom en kraft og to variable gjør vi det ved å holde den ene variabelen konstant mens vi varierer den andre, og så omvendt. I Del 1 av denne øvelsen holder vi antall vindinger konstant mens vi varierer strømmen. I Del 2 er strømmen konstant og vi bytter mellom spoler med forskjellig antall vindinger.

Utstyr

Elektronisk vekt med følsomhet på 0,1g, stavmagnet, stativ, regulerbar spenningskilde, amperemeter, spoler med forskjellig antall vindinger, ledninger.



Oppgaven

Del 1

1. Sett opp utstyret slik det er vist på figuren. Bruk spolen med flest vindinger. Magneten skal henge et stykke ned i sentrum av spolen, men må ikke berøre vekta. Den ene ledningen fra spolen kobles til spenningskilden, den andre ledningen kobles til amperemeteret. Det skal også gå en ledning fra spenningskilden til amperemeteret.
2. Skru spenningskilden på ca 0,5V og les av verdiene for kraften på vekta og strømmen på amperemeteret.
3. Øk så spenningen gjennom kretsen litt og litt frem til ca 4V. Les av verdiene for kraften og strømmen med jevne mellomrom. Dere bør ha minst 6 målinger.
4. Tegn inn kraften som en funksjon av strømmen i et koordinatsystem
5. Kan dere si noe om sammenhengen mellom kraften og strømmen? Sett opp det matematiske uttrykket

Del 2

6. Bruk samme oppsettet som til del 1, men i stedet for å variere spenningen skal dere nå forsøke holde strømmen konstant på ca 2A mens dere gjør målinger av kraften for de forskjellige spolene. Her må dere nok justere litt på spenningskilden for hver spole for å holde strømmen konstant. Husk også å tarere vekten for hver spole.
7. Tegn inn kraften som en funksjon av antall vindinger på spolen i et koordinatsystem.
8. Kan dere si noe om sammenhengen mellom antall vindinger og kraften? Sett opp det matematiske uttrykket.
9. Hva er forholdet mellom antall vindinger og lengden til lederen spolen består av?

Del 3

10. Bruk resultatene fra Del 1 og Del 2 til å lage et matematisk uttrykk for kraften mellom en stavmagnet og en strømførende spole.
11. Hvilken komponent i oppsettet vil påvirke konstantleddet i det matematiske uttrykket dere har kommet frem til?

Appendiks D Forsøk med kraften på en leder i et magnetfelt Lærerveiledning

Hensikten med forsøket

Hensikten med dette forsøket er at elevene skal se på hvordan kraften mellom magneten og spolen er proporsjonal med både strømmen gjennom spolen og antallet vindinger spolen har. Ut i fra de to lineære grafene elevene finner skal de forsøke å komme frem til en matematisk modell for kraften.

Den viktigste delen av dette forsøket er det at elevene må forsøke å kombinere to forskjellige måleserier til én matematisk modell. Det er også sentralt at elevene forstår prinsippet om at de bare må variere en parameter av gangen når de gjør forsøk.

Læreplanmål

Forsøket er laget for å kunne passe både i den gamle læreplanen og Kunnskapsløftet, og det er meningen at det skal være med å dekke følgende læreplanmål:

R94:

- Mål 1a: Elevene skal ha oversikt over og kunne bruke fysikkens fundamentale begreper og lover.
- Mål 2a: Elevene skal kunne utføre eksperimenter innen ulike områder av faget.
- Mål 2d: Elevene skal kunne observere, tolke og presentere måleresultater på ulike måter.
- Mål 3c: Elevene skal kunne gjøre rede for og gjøre beregninger med magnetisk flukstetthet og kraft på ladde partikler og strømførende ledere i homogene magnetfelt

Kunnskapsløftet:

”Den unge forskeren”:

- Gjennomføre relevante forsøk innen de forskjellige hovedområdene, med og uten digitale verktøy
- Vurdere begrensinger i valg av metode og utstyr og foreslå forbedringer og videreutvikling av utstyr

”Å beskrive naturen med matematikk”:

- Analysere ulike matematiske modeller for en fysisk situasjon, med og uten digitale verktøy, og vurdere hvilken modell som beskriver situasjonen best.

”Klassisk fysikk”:

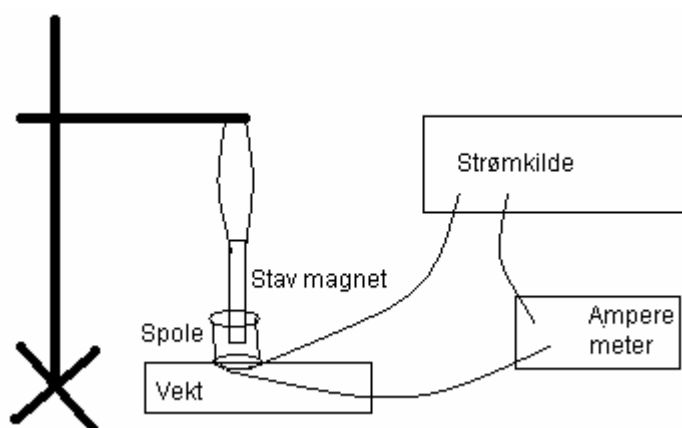
- Beskrive magnetiske felt rundt permanentmagneter og elektriske strømmer, og beregne magnetisk flukstetthet rundt en rett leder og kraft på en leder i magnetisk felt.

Teori

Den matematiske modellen elevene skal forsøke å finne vil i denne øvelsen være $F = k \cdot n \cdot I$, hvor n er antall vindinger på spolen, og representerer dermed lengden til lederen. I er strømmen, og k er en ukjent konstant. Denne matematiske modellen er bare en variant over formelen for kraften på en leder i et magnetfelt: $F = BIl$.

Utstyr

Elektrisk vekt med følsomhet på 0,1g, stavmagnet, stativ, regulerbar spenningskilde, amperemeter, spoler med forskjellig antall vindinger, ledninger.



Oppgaven (slik elevene får den)

Del 1

1. Sett opp utstyret slik det er vist på figuren. Bruk spolen med flest vindinger. Magneten skal henge et stykke ned i sentrum av spolen, men må ikke berøre vekta. Den ene ledningen fra spolen kobles til spenningskilden, den andre ledningen kobles til amperemeteret. Det skal også gå en ledning fra spenningskilden til amperemeteret.
2. Skru spenningskilden på ca 0,5V og les av verdiene for kraften på vekta og strømmen på amperemeteret.
3. Øk så spenningen gjennom kretsen litt og litt frem til ca 4V. Les av verdiene for kraften og strømmen med jevne mellomrom. Dere bør ha minst 6 målinger.
4. Tegn inn kraften som en funksjon av strømmen i et koordinatsystem
5. Kan dere si noe om sammenhengen mellom kraften og strømmen? Sett opp det matematiske uttrykket

Del 2

6. Bruk samme oppsettet som til del 1, men i stedet for å variere spenningen skal dere nå forsøke holde strømmen konstant på ca 2A mens dere gjør målinger av kraften for de forskjellige spolene. Her må dere nok justere litt på spenningskilden for hver spole for å holde strømmen konstant. Husk også å tarere vekten for hver spole.
7. Tegn inn kraften som en funksjon av antall vindinger på spolen i et koordinatsystem.
8. Kan dere si noe om sammenhengen mellom antall vindinger og kraften? Sett opp det matematiske uttrykket.
9. Hva er forholdet mellom antall vindinger og lengden til lederen spolen består av?

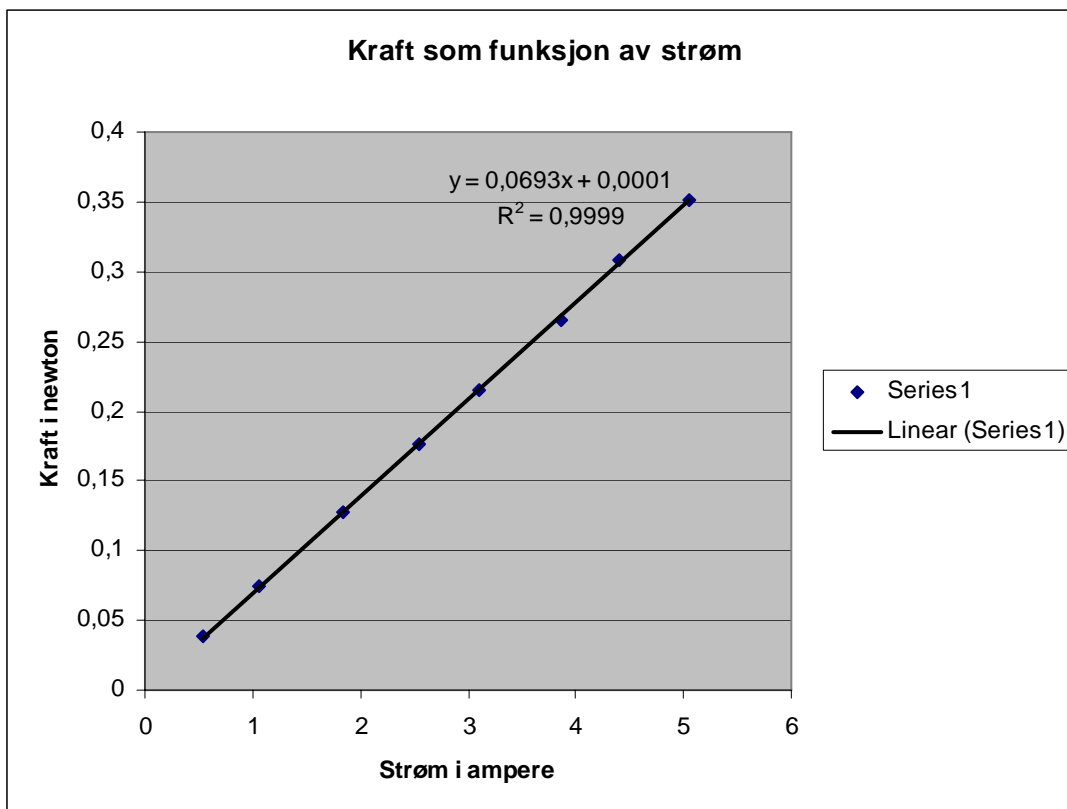
Del 3

10. Bruk resultatene fra Del 1 og Del 2 til å lage et matematisk uttrykk for kraften mellom en stavmagnet og en strømførende spole.
11. Hvilken komponent i oppsettet vil påvirke konstantleddet i det matematiske uttrykket dere har kommet frem til?

Resultater

Del 1

I den første delen av forsøket skal elevene få en graf som minner om denne:

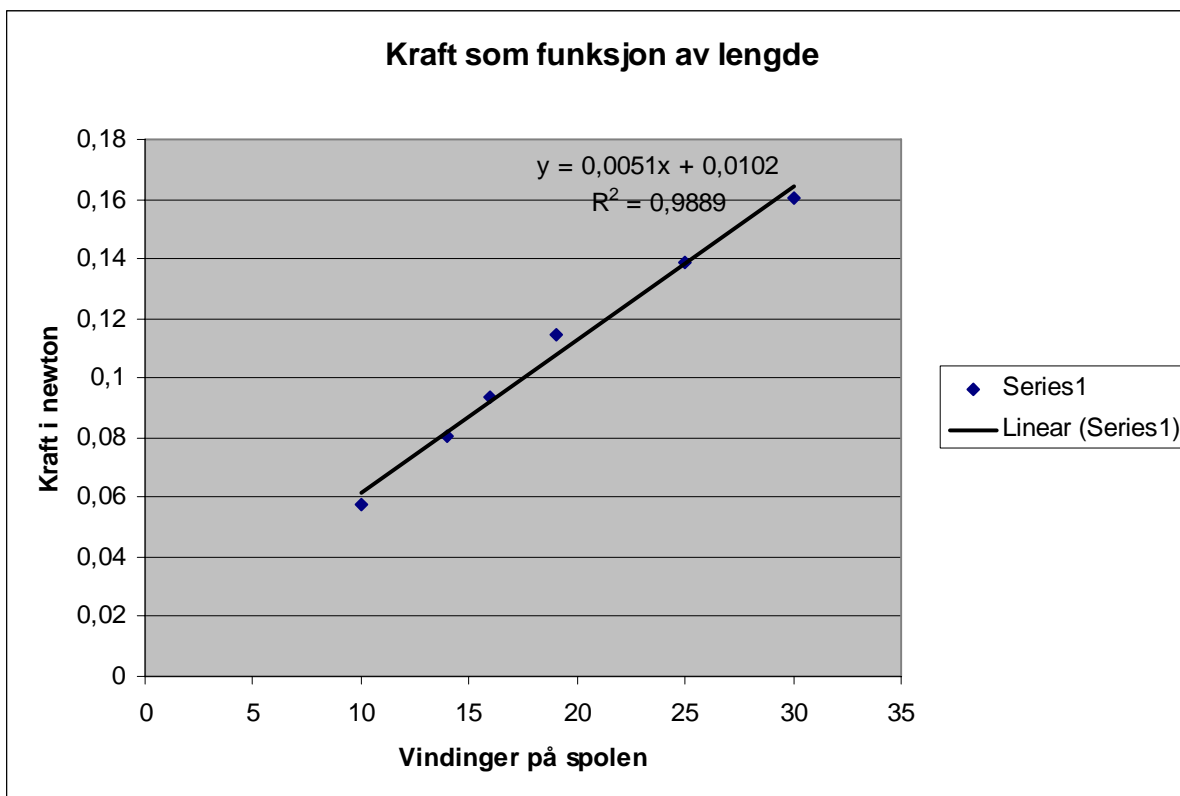


Her kan man spørre de om konstantleddet som dukker opp og hva som skjer med kraften når det ikke går strøm i kretsen. Dersom oppgaven løses ved hjelp av Excel er det mulig å krysse av for at man ønsker at grafen skal gå gjennom origo.

Elevene vil forhåpentligvis komme frem til at kraften øker proporsjonalt med strømmen og sette opp et uttrykk av typen $F = aI$.

Del 2

Hvor lineær grafen i Del 2 av forsøket blir, er avhengig av hvor nøye elevene er på å få nøyaktig samme strøm gjennom kretsen i hver måling. Uansett vil ikke denne grafen bli like "pen" som den første.



Også her er det fint om elevene kommer frem til at konstantleddet burde vært lik 0. Når de har kommet frem til det kan de se at kraften er proporsjonal med antallet vindinger på spolen, og videre komme frem til at det matematiske uttrykket kan være $F = bn$. Her står n for antallet vindinger. Enkelte elever vil kanskje heller bruke l og snakke om lederens lengde her.

Del 3

Når elevene nå skal sette sammen de to uttrykkene de har kommet frem til er det sikkert mange forskjellige måter å tenke på. Jeg tenkte at det var enklest å ta utgangspunkt i det første uttrykket. Jeg vet at inni konstanten a er det nødt til å være et uttrykk som inneholder n, dermed kan jeg faktorisere og komme frem til det matematiske uttrykket:

$$F = a \cdot I$$

$$F = (k \cdot n)I$$

$$F = (k) \cdot n \cdot I$$

$$F = k \cdot n \cdot I$$

Dersom elevene har problemer med å se at konstanten k er avhengig av magnetfeltet fra stavmagneten kan man spørre de hva de tror ville skje dersom man gjennomførte forsøket med en annen magnet.

Appendiks E Intervjuguide

Spørsmålene er tenkt stilt til grupper på 3 til 4 elever som har jobbet i lag på forsøket. I utgangspunktet stilles bare hovedspørsmålene (de med tall foran). Dersom svarene er korte eller mangelfulle følger jeg opp med oppfølgingsspørsmålene.

Innledning

Hei og velkommen til dette gruppeintervjuet om fysikkforsøket dere nettopp (tidligere i dag/ i går/ for to dager siden) gjennomførte. Jeg heter Kaja Nordby og holder på med en mastergrad i fysikk på Universitetet i Oslo

Dette intervjuet er ment som en del av en studie hvor jeg ser på matematisk modellering i fysikkfaget, og kan sees i sammenheng med et prosjekt om matematisk modellering som fysikk klassen deres var med på i fjor.

Jeg kommer til å ta samtalen opp på kassett, men ingen på skolen får tilgang til kassetten. Ingen på skolen får direkte tilgang til kommentarene deres heller. I rapporten jeg kommer til å lage er alle kommentarer anonyme.

Hvis noen av dere ikke liker at jeg skal ta samtalen opp på kassett, eller dere av en annen grunn ønsker å trekke dere fra undersøkelsen har dere lov til å gå.

Da tror jeg bare vi starter.

Fysikk generelt

1. Hva synes dere om fysikkfaget?
 - a. Hva er spennende ved faget?
 - b. Vil dere si faget er lærerikt?
 - c. Er fysikk mer tidkrevende enn andre fag?
 - d. Er det vanskelig? Hva gjør faget vanskelig?
 - e. Er fysikk i år forskjellig fra i fjor?
2. Hva synes dere om å gjøre forsøk?
 - a. Lærer dere noe av det? Hva lærer dere?
 - b. Er det interessant?
 - c. Hva skal til for at forsøk skal være morsomme?
 - d. Synes dere dere gjør for mange/for få forsøk?

Forsøket

3. Hvordan synes dere forsøket gikk?
 - a. Var det interessant?
 - b. Hvilke deler av forsøket var vanskelig/enkelt?
 - c. Var det morsomt?
 - d. Hva lærte dere? Lærte dere noe?
4. Kan dere beskrive hva forsøket gikk ut på?
 - a. Hva gjorde dere?
 - b. Hvilke fysiske sammenhenger brukte dere?
 - c. Hvordan virket tingene dere skulle se på?
5. Fortell meg hvordan dere tenkte for å løse oppgavene i forsøket
 - a. Jobbet dere ut i fra en hypotese? Hvilken?

- b. Hvordan fungerte ledetrådene i oppgaveteksten?
 - c. Så dere ut i fra kurven hva slags funksjon det måtte være?
 - d. Fikk dere noen tips?
6. Hvorfor valgte dere akkurat denne måten å løse oppgaven på?
- a. Hadde dere noe valg?
 - b. Hvilke andre løsningsmetoder diskuterte dere?
 - c. Var dere enige om resonnementene dere brukte?
7. Hvis dere skulle gjøre oppgaven på nytt, hva ville dere tenkt annerledes?
8. Brukte noen av de andre elevene andre strategier?
- a. Hvilke strategier brukte de?
 - b. Hvorfor tror dere de valgte disse strategiene?
9. Hvilke konklusjoner tror dere man kan trekke ut i fra dette forsøket?
- a. Hvilke resultater kom dere frem til?
 - b. Hvordan kom dere frem til konklusjonen?
 - c. Var dere enige om disse konklusjonene på gruppa?
10. Har modellen dere kom frem til noen svakheter?
- a. Hvilke feilkilder kunne oppstå?
 - b. Er det noen begrensninger på når modellen virker?
 - c. Hva er en modell egentlig?
11. Hva tror dere læreren ville dere skulle lære i dette forsøket?
- a. Styrke en teori?
 - b. Arbeidsmetode?

Modellering

12. I denne oppgaven var dere nødt til å bruke matematisk modellering. Hva synes dere generelt modelleringsøvelser?
- a. Er de annerledes enn andre forsøk? På hvilken måte?
 - b. Er oppgavene vanskeligere å forstå?
 - c. Er matematikken vanskelig?
 - i. På hvilken måte skaper den problemer?
 - ii. Er det deler av matematikken dere ikke behersker godt nok?
 - iii. Hva er det vanskelige ved å beskrive fysikk ved hjelp av matematikk?
 - d. Lærer du noe av denne typen oppgaver?
 - e. Tenk tilbake på et annet modelleringsforsøk:
 - i. Kan dere beskrive forsøket?
 - ii. Var det vanskelig? Hva var evt. vanskelig?
 - iii. Fremgangsmåte?
 - iv. Hvilke konklusjoner kunne dere trekke
 - v. Hva var hensikten med dette forsøket?
13. Hva tror dere de andre i klassen mener om denne typen modelleringsøvelser?
- a. Er alle enige i det dere har sagt?
 - b. Er det noe diskusjon i klassen om de forskjellige forsøkene dere gjør?
14. Hvilke likhetstrekk tror dere modellering har med arbeidsmetodene forskere innen fysikk bruker?
- a. Hvordan er det likt?
 - b. Hva er forskjellig?

Delspørsmål e på spørsmål 12 er bare aktuelt dersom vi har meget god tid, eller dersom elevene ikke har forstått så mye av forsøket som var gjort i forkant av intervjuet.

Appendiks F Spesielle tegn brukt i transkripsjonen av intervjuene

Transkripsjonene ble skrevet i Word og analysert med dataprogrammet ATLAS. Listen er hentet fra Guttersrud (2001)

... - Når deltaker eller moderator ikke avslutter setningen.

Brukes når den pågående samtalen gjør meningen underforstått, vedkommende ikke finner ordet, eller vedkommende blir avbrutt av en av de andre deltagerne. Setninger som starter med tre punktum betyr at deltakeren enten avslutter sin egen setning eller fullfører noen andres påbegynte setning.

(...) og (.....) - Når det ikke lar seg gjøre å transkribere sitatet.

Benyttet dersom deltakeren prater for lavt til at det kan høres på diktafonen, deltakere prater i munnen på hverandre, eller at ytre støy gjør det umulig å høre. (...) brukes dersom enkeltord mangler. (.....) brukes når hele setninger mangler i transkripsjonene.

(Informasjon i parentes) for eksempel (fnising)

Benyttet når det skjer noe annet enn at intervjueren eller gruppen prater. Eksempler er latter og støy fra omgivelsene.

(pause) - Når samtalen stopper opp.

Benyttet i de tilfellene ingen umiddelbart svarer på intervjuerens spørsmål, eller naturlige pauser i samtalen.

(alle)/(flere) - Når "alle"/mange deltakere sier det samme samtidig.

Benyttet for å indikere at "alle"/mange av deltakerne samtykker i det som blir sagt. Ofte uttrykkes dette ved "ja" eller "mmm"

Navn på lærere er erstattet med lærer, navn på elever er erstattet med G# for gutt eller J# for jente. Nummeret som er satt etter G og J indikerer hvilken av guttene eller jentene som prater. G1 vil være den første gutten som tok ordet i en fokusgruppe. Nummereringen starter på nytt i hver fokusgruppe.

Appendiks G Liste over koder brukt i Atlas.ti

Code: Betraktinger utover forsøket

Quotations: 20

"Fysiske betraktninger og vurderinger ut over det de måtte komme frem til i forsøket."

Code: Bøtta: Aldri gjort noe lignende

Quotations: 2

"Kommentarer om at elevene aldri har gjort noe lignende tidligere"

Code: Bøtta: Bra

Quotations: 4

"De som sier forsøket er bra"

Code: Bøtta: Greit

Quotations: 2

"Kommentarer om at bøtteforsøket var greit"

Code: Bøtta: Ikke avansert

Quotations: 1

"Kommentarer om at den praktiske delen av forsøket var enkel å gjennomføre."

Code: Bøtta: Interessant

Quotations: 2

"Kommentarer om at forsøket er interessant"

Code: Bøtta: Lang tid

Quotations: 1

"Kommentarer om at bøtteforsøket tok lang tid"

Code: Bøtta: Logisk

Quotations: 2

"Kommentarer som antyder at utfallet av forsøket er logisk"

Code: Bøtta: Morsomt

Quotations: 4

"Kommentarer om at bøtteforsøket var morsomt"

Code: Bøtta: Repetisjon

Quotations: 3

"Kommentarer om at bøtteforsøket var repetisjon av noe de hadde lært tidligere"

Code: Bøtta: Trøbbel med grafen

Quotations: 4

"Kommentarer om at elevene hadde problemer med grafene de skulle tegne"

Code: Bøtta: Trøbbel med hvilke avstander som var hva

Quotations: 3

"Kommentarer om at det var vanskelig å bestemme hvilke av avstandene de hadde målt som skulle brukes på de forskjellige delene av oppgaven"

Code: Bøtta: Vi kunne gjøre alt

Quotations: 2

"Forsøket har ingen elementer av demonstrasjonsforsøk, eller deler som læreren må hjelpe til på. Elevene kunne gjøre alt selv"

Code: Faglig utbytte
Quotations: 12
"Hva lærer elevene av forsøket"

Code: Feilkilder
Quotations: 21
"Påpeking av mulige feilkilder i gjennomføringen av forsøket"

Code: Forsøk generelt
Quotations: 43
"Elevenes meninger om å gjøre forsøk generelt, ikke spesielt modellering eller forsøket de intervjues om"

Code: Fremgangsmåte forsøk
Quotations: 25
"Hvordan gikk elevene frem for å løse den praktiske delen av forsøket"

Code: Fremgangsmåte modell
Quotations: 29
"Elevenes forklaring av hvordan de kom frem til modellen, evt. hvordan de hadde tenkt å gjøre det"

Code: Fysikk generelt
Quotations: 45
"Elevenes generelle meninger om fysikkfaget. I all hovedsak fra svarene på spørsmål 1 "Hva synes dere om fysikkfaget"."

Code: Hvis dere ikke visste utfallet
Quotations: 2
"Hvordan elevene syntes det hadde vært dersom de ikke visste utfallet av forsøket før de startet"

Code: Hvordan gikk bøtta?
Quotations: 26
"Elevenes mening om hvordan bøtteforsøket gikk."

Code: Hvordan gikk spolen
Quotations: 24
"Elevenes meninger om hvordan forsøket med spolen gikk"

Code: Konklusjon bøtta
Quotations: 13
"Elevenes forslag til konklusjon etter bøtteforsøket"

Code: Konklusjon spolen
Quotations: 11
"Elevenes forslag til konklusjon etter spoleforsøket"

Code: Likhetstrekk med forskning
Quotations: 44
"Elevenes svar på spørsmålet om hvilke likhetstrekk de tror det er mellom modellering og metodene som brukes innen forskning"

Code: Logisk
Quotations: 1
"Det elevene sier var logisk"

Code: Lærerens hensikt

Quotations: 25

"Hva elevene tror var lærerens hensikt med å gjennomføre forsøket"

Code: Matematikk

Quotations: 19

"Elvenes tanker om matematikken i fysikk"

Code: Modellens svakheter

Quotations: 23

"Elvenes svar på spørsmål om modellen har svakheter"

Code: Modelling

Quotations: 91

"Kommentarer rundt modelleringsøvelser generelt"

Code: Spole: Bra

Quotations: 4

"Kommentarer om at forsøket med spolen var bra"

Code: Spole: Greit

Quotations: 6

"Kommentarer om at forsøket med spolen var greit"

Code: Spole: Trøbbel med oppsett

Quotations: 6

"Kommentarer om at det var vanskelig å få satt opp utstyret, og kommentarer om at det var problemer med selve utstyret når det var satt opp"

Code: Spole: Å skjønne det etterpå

Quotations: 6

"Kommentarer rundt det å skjønne hva de faktisk gjorde i forsøket"

Code: Spolen: Gikk ikke

Quotations: 1

"Kommentarer om at forsøket faktisk ikke lot seg gjennomføre med det utstyret de hadde fått."

Code: Spolen: Problemer med drift

Quotations: 6

"Kommentarer om at det var vanskelig å lese av målingene fordi de hele tiden endret seg"

Code: Tanker om teori

Quotations: 9

"Når elevene referer til den teorien de tror de skal bruke"

Code: Tanker oppgaveløsning

Quotations: 31

"Hva elevene tenkte når de løste oppgaven"

Code: Tolking av oppgaven

Quotations: 10

"Hvordan elevene tolker oppgaven de skal løse"